GB
401
H4

DIE OBERFLÄCHENFORMEN DES FESTLANDES

IHRE UNTERSUCHUNG UND DARSTELLUNG

VON

DR. ALFRED HETTNER
O. PROFESSOR DER GEOGRAPHIE AN DER UNIVERSITÄT HEIDELBERG

565335
2. 7. 53

VERLAG VON B. G. TEUBNER · LEIPZIG · BERLIN 1921

GB
401
H4

ALLE RECHTE,
EINSCHLIESSLICH DES ÜBERSETZUNGSRECHTS, VORBEHALTEN.

Vorwort.

Dieses Buch soll keine lehrbuch- oder handbuchartige systematische Darstellung und ebensowenig eine für den Anfänger bestimmte Einführung, sondern eine grundsätzliche Erörterung der auf die Oberflächenformen des Festlandes gerichteten Untersuchungen und ihrer Ergebnisse sein. Eine solche grundsätzliche Erörterung ist in einer Wissenschaft dann nötig, wenn Arbeitsweise und Auffassung weit auseinandergehen und die Gefahr besteht, daß sie auf ein falsches Geleise kommen. Das ist jetzt in der Lehre von den Oberflächenformen des Landes der Fall. Die Arbeitsweise und Auffassung, die von Amerika zu uns herüber gekommen sind, der sich viele Forscher mit Begeisterung angeschlossen, und die auch in weiteren Kreisen Verbreitung gefunden haben, scheinen mir, trotz mancher Verdienste im einzelnen, doch im Ganzen der Theorie und namentlich in der Methode verfehlt zu sein. Darum habe ich mich bereits in einer Reihe von Aufsätzen, die seit 1911 in der „Geographischen Zeitschrift" erschienen sind, damit auseinandergesetzt und dabei auch andere Grundfragen der Wissenschaft erörtert. Das vorliegende Buch faßt nicht nur die genannten Aufsätze, vielfach umgearbeitet, zusammen, sondern vereinigt damit eine ebenso große Zahl neuer Aufsätze und stellt so eine grundsätzliche Prüfung des ganzen Lehrgebäudes von den Oberflächenformen des Landes dar. Es soll ein Buch der Selbstbesinnung der Wissenschaft sein; man wird begreifen, daß ich dabei gern von persönlichen Erfahrungen ausgehe. Ich erhebe nicht den Anspruch, überall das Richtige zu treffen; aber ich hoffe, zum Nachdenken anzuregen und den Gesundungsprozeß unserer Wissenschaft, der schon eingesetzt hat, zu fördern. Mein Wunsch geht auch dahin, die Morphologie, die sich ziemlich weit von der Länderkunde entfernt hat, wieder in engere Verbindung mit ihr zu bringen.

Viele Ratschläge und Ergänzungen, namentlich für das Kapitel über Abbildungen und Karten, habe ich von Dr. *Heinrich Schmitthenner* empfangen. Bei der Korrektur haben mich, wie bei früheren Büchern, so auch diesmal Herr Prof. Dr. *D. Häberle*, bei der Niederschrift und bei der Anfertigung des Registers Frl. *Marie Mall* unterstützt. Allen dreien bin ich in herzlichem Danke verbunden.

Heidelberg, im Oktober 1920.

Alfred Hettner.

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Die Bedeutung der Morphologie und ihre Stellung im Systeme der Wissenschaften; ihre Behandlung in der Geographie. Karte und sprachliche Darstellung, Beschreibung und Erklärung. Tektonik und Morphologie. Ihre Entwickelung und ihr heutiger Stand. Die Aufgabe des Buches.

I. Die Kleinformen der Landschaft 11

1. Die Bedeutung der Kleinformen für das Antlitz der Landschaft und für das Verständnis der Abtragung.

2. Die Methoden der Beschreibung und Untersuchung. Beschreibung und Erklärung. Beobachtung der Vorgänge: Feststellung der Verbreitung, Vergleich mit der Bodenbeschaffenheit, Untersuchung der Mechanik der Vorgänge. Klassifikation und Terminologie.

3. Das Spiel der Kräfte und die Analyse der Formen. Entwickelung der Auffassung. Die Verwitterung. Die Bodenbewegungen. Genetische Klassifikation.

4. Die Abhängigkeit der Formen vom Gestein und seiner Lagerungsweise. Auffassung der Härte und geologische Auffassung.

5. Die Abhängigkeit vom Klima. Späte Erkenntnis. Die Untersuchung der Wüste. Die Untersuchung in anderen Klimagebieten. Kleinformen der Vergangenheit.

II. Die Entstehung der Täler 26

1. Die Erosionsnatur. Spaltentheorie und Erosionstheorie. Gründe für beide. Verhältnis zur Tektonik. Begriffsbestimmung des Tales. Bedeutung der Auffassung der Täler für die Auffassung der Landoberfläche.

2. Die Theorie der Erosion. Notwendigkeit der Deduktion. Hydrodynamik. Ausbildung der Theorie. Die erodierende Kraft. Die Art der Arbeit. Unmittelbare und mittelbare Erosion. Erosion in die Tiefe und seitliche Erosion. Die Transportkraft. Das Gleichgewichtsprofil. Flußwindungen und die Entstehung der Talböden. Talwindungen. Talhänge.

Seite

III. **Richtung und Anordnung der Täler** 40

Verhältnis der Täler zur Richtung der Gebirge und zum inneren Bau. Rechtsinnige (konkordante) Täler. Scheinbarer Widersinn (Diskordanz) der Täler. Überlebende (antezedente) Täler. Nachträgliche Talbildung. Die Kriterien der Entstehungsweise. Talnetz und Talsystem; ihre Abhängigkeit vom Alter und vom Bau des Landes.

IV. **Talterrassen** 50

Die verschiedenen Arten von Talterrassen. — Die Denudationsterrassen und ihre Abhängigkeit vom Gesteinswechsel. Karplatten. — Die Erosionsterrassen. Die Methoden der Untersuchung und die Konstruktion der alten Talböden. Örtliche und allgemeine Terrassen. Breite der alten Talböden. Ursachen der Bildung. — Schotterterrassen. Ursachen der Aufschüttung und Zerschneidung (Klimawechsel und Hebungen). — Allgemeine Bedeutung der Talterrassen.

V. **Das Alter und die Form der Täler** 59

1. Alter und Entwickelungsstufe. Zeitbestimmung. Entwickelungsreihen. *Davis'* Auffassung des Alters: Vergleich mit dem Leben, Zeit und Entwickelungsstufe. Das Tempo der morphologischen Entwickelung.

2. Das Alter der Täler. Die Merkmale: Längsprofil, Talsohle, Talhänge, Dichte und Verzweigung des Talnetzes, Verhältnis zum inneren Bau. Mangelnde Übereinstimmung. Notwendigkeit induktiver Prüfung. Psychologie des Irrtums.

3. Die Typen der Talformen. Klammen. Cañons und cañonartige Täler. V- oder Kerbtäler. Sohlentäler. Unterbrochene Talbildung. Unechte Täler: Wadis und Glazialtäler.

VI. **Landterrassen, Rumpfflächen und andere Einebnungen** . . . 81

Die Bedeutung des Problems der allgemeinen Einebnung der Landschaft.

1. Landterrassen. Abhängigkeit vom Gestein. Der Mechanismus der Abtragung. Die Dellenbildung. Oberflächengestaltung in durchlässigem und undurchlässigem Gestein. Entstehung der Stufenlandschaften. Anordnung der Gewässer. Verhältnis der Landterrassen zu den Talböden. Ihr Alter. Vorangehende Kappung?

2. Die Theorie der Rumpfflächen. Entdeckung. Theorie der marinen Abrasion. Theorie der festländischen Einebnung. Terminologie. Die Rumpfnatur. Prüfung der Merkmale mariner und festländischer Entstehung. Theorien der Entstehung in anderen Klimaten. Theorie der Entstehung in geringer Meereshöhe.

3. Andere Einebnungen. Landterrassen. Abtragung von Rumpfflächen (Inselberglandschaften). Karplatten. Strandplatten. Piedmontflächen. Zentralgebiete. Karstgebiete.

Seite

4. Das Vorkommen von Rumpfflächen und die Kriterien ihrer Rekonstruktion. Rumpfflächen. Hypothetische Annahme junger Rumpfflächen. Prüfung der Merkmale und Beweise der Rekonstruktion: Vorkommen von Flächenstücken, junge Auflagerungen, Gleichheit der Gipfel, Verhältnis zum inneren Bau, Anordnung des Flußnetzes, Flußmäander, Ablagerungen am Fuße der Gebirge. Zusammenfassende Kritik.

VII. **Bauplan und Baustil der Gebirge** 110

1. Bau und Abtragung. Bedeutung der Abtragung, wirkliche und tektonische Oberfläche. Das Maß der Zertalung und die Intensität der Gliederung. Erhebungen- und Einsenkungen in ihrer Abhängigkeit von Lage und Härte. Der Formenschatz. Bestimmung des Landschaftscharakters durch das Alter.

2. Die Ausgestaltung der tektonischen Gebilde. Vulkanberge. Ketten- oder Faltengebirge. Schollengebirge. Tafelgebirge. Rumpfgebirge und Plateaus. Sandstein- und Kalkgebirge.

3. Die Oberflächengestaltung in verschiedenen Klimaten. Glaziale Bodengestaltung. Bodengestaltung der Wüste. Hinweis auf andere klimatische Typen.

VIII. **Tiefländer und Hochländer** 125

Gebirge, Tiefland und Hochland.

1. Tiefländer: Alte Meeresböden. Stromtiefländer. Zentrale Tiefebenen. Tiefländer äolischer Aufschüttung. Tiefländer glazialer Aufschüttung. Tiefländer aus festem Gestein.

2. Hochländer: Eigentliche Hochebenen. Gehobene Meeresböden. Tafelländer. Rumpfplatten.

IX. **Die Abhängigkeit der Landoberfläche vom inneren Bau** . . . 132

Wechsel der Auffassung. Die Abhängigkeit der Oberflächenformen vom Gestein. Die Bedeutung der geologischen Formationen. Der innere Bau: Lagerungsverhältnisse (Struktur) und Tektonik. Geologisches und sog. morphologisches Alter.

X. **Die Entwickelung der Landoberfläche** 142

1. Das Wesen der Entwickelung. Revolution und Evolution. Die Entwickelung als Summierung der Wirkungen; Bedeutung des Alters. Die Nachwirkung andersartiger Bedingungen der Vergangenheit.

2. Die tektonische Entwickelung. Säkulare Hebungen. *Davis'* Zyklentheorie. Die Bedeutung der Zyklen für das Bild der Landschaft. Säkulare Senkungen. Schollenbewegung und Faltung. Vulkanische Ausbrüche.

3. Die klimatische Entwickelung. Ihr Unterschied von der tektonischen Entwickelung. Das Steppenklima. Die Eiszeit. Das Pluvialklima der Wüstenzone. Das Klima der Tertiärzeit. Rückblick.

4. Zusammenfassung.

Seite

XI. **Die Umlagerung an der Erdoberfläche und die morphologische Wechselbeziehung der Landschaften** 162

Umlagerung in kleinem und in großem Maßstabe.

1. Gebiete glazialer Umlagerung. Firn und Gletscher. Die Vorgänge der glazialen Abtragung und Ablagerung. Glaziale Landschaften.

2. Tallandschaften und Flußebenen. Die Wasserführung der Flüsse. Peripherische und zentrale Flüsse. Das Gleichgewichtsprofil und die Flußarbeit. Peripherische Gebiete. Gebiete der Staubablagerung. Unterlauf in Trockengebieten. Zentrale Flüsse. Verschiebungen in junger geologischer Vergangenheit.

3. Die flußlosen Landschaften. Selbständige und unselbständige Wüsten. Umlagerung durch Wind und Eintagsflüsse. Art der Windwirkung.

Tabellen der Systeme der Umlagerung und der Bodengestaltung der verschiedenen Gebiete.

XII. **Die Küsten** 176

Die morphographische Betrachtung: wagrechte Gliederung, Aufriß, Beschaffenheit. Küstentypen. Das Studium der Vorgänge. Die genetische Betrachtung. Genetische Klassifikation und deduktive Klassifikation auf Grund des Alters. Die Küsten in der Länderkunde.

XIII. **Die Theorien über die Entstehung der Landoberfläche** . . . 182

Die Bedeutung der Theorie. Die vorwissenschaftliche Erklärung aus gewaltigen Naturereignissen. Drei Etappen der wissenschaftlichen Auffassung: einseitige Erklärung aus dem inneren Bau, Auffassung der Täler als Gebilde der Erosion, Erkenntnis der starken Abtragung über die Fläche. Erklärung aus innerem Bau und oberflächlicher Umbildung. Verschiedenartigkeit der Umgestaltung in verschiedenen Ktimaten. Die Auffassung der Entwickelung. *Davis'* Zyklentheorie.

XIV. **Der Formenschatz der Landoberfläche** 191

Bedeutung der Klassifikation. Künstliche Klassifikationen, Typen und genetische Klassifikation. Die Größenordnung der Formen. Unselbständige und selbständige Formen. Der morphologische Charakter der Landschaften. Notwendigkeit mehrgliedriger Klassifikation. Klassifikation der oberflächlichen Umbildung. Konvergenzformen. Die Oberflächenformen als geographische Gebilde.

Anhang.

I. **Die Methoden der Forschung** 202

1. Die Entwickelung der Methode: Die Aufgabe der morphologischen Untersuchung. Die beiden Erfordernisse kausaler Erkenntnis. Die drei Methoden der Untersuchung: Inter-

Seite

pretation, Induktion und Deduktion. Vergleichendes Kartenstudium und Beobachtung. Deduktive Schlüsse im induktiven Verfahren. Das deduktive Verfahren der *Davis*schen Schule.

2. Kritik der deduktiven Methode. Unklarheit der Begriffe: Leben, Alter, Zyklus. Falsche Auswahl der Bausteine der Theorie. Geometrische statt physiologischer Betrachtung. Prüfung an der Wirklichkeit.

II. **Die Methode der Darstellung** 216

1. Der Gang der Darstellung. Die Aufgabe. Die Geschichte des Problems. Die Geschichte der subjektiven Erkenntnis (Reisebericht). Die analytische oder methodische Darstellung. Die synthetische oder systematische Darstellung.

2. Beschreibung und Erklärung. Die Beschreibung. Die geologische Erzählung und die genetische Darstellung in der Geographie. Gattungsbegriffe und Klassifikation; besondere Anforderungen an die geographische Klassifikation.

III. **Die Terminologie** 224

Bedeutung der Terminologie. Ihre Gesichtspunkte: Priorität der Erfindung, internationale und nationale Verständlichkeit, sprachliche Richtigkeit und Deutlichkeit der Begriffe, Fehler einer Vermischung mit hydrographischen, verkehrsgeographischen und tektonischen Ausdrücken. Herkunft der Ausdrücke, ihre Anwendung und Umbildung. Beschreibende Bedeutung und genetische Terminologie. Beispiele der Terminologie von Landschaften.

IV. **Die Orometrie** 235

Wunsch zahlenmäßigen Ausdruckes der Landschaft: die Orometrie. Geringer genetischer wie siedelungs- und verkehrsgeographischer Wert.

V. **Morphologische Karten und Abbildungen** 236

1. Topographische Karten, Reliefs und Profile. Messung und Interpolation; schematische und verständnisvolle Zeichnung.

2. Geologische Karten und Profile. Die Bedeutung der Karten großen und kleinen Maßstabes. Tektonische Karten.

3. Geophysiologische und morphologische Karten. Lithologische Karten. Karten der Vorgänge. Bodenkarten. Morphologische Karten. Morphogenetische Karten.

4. Bilder und Ansichten. Perspektivische Ansichten (Photographien und Zeichnungen). Schematische Ansichten und Blockdiagramme.

Sachregister 247

Einleitung.

Die Formen der Erdoberfläche sind seit alters ein Gegenstand der Geographie; denn man kann sich ein Land gar nicht ohne seine Berge und Täler, seine Hochländer und Tiefländer vorstellen. Freilich ist die Behandlung Jahrhunderte hindurch sehr dürftig und äußerlich geblieben; erst im Laufe des 18. Jahrhunderts hat die Ausbildung der Meßmethoden eine richtige und vollständige Auffassung der Formen möglich gemacht, erst im 19. Jahrhundert hat die Ausbildung der Geologie die Grundlage eigentlich wissenschaftlicher, d. h. die Ursachen und das Wesen der Erscheinungen erfassender Betrachtung gelegt. Es gehörte zu den größten Aufgaben, ja vielleicht kann man sagen, es war die größte Aufgabe, die der Geographie in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts gestellt war, eine Formenlehre (Morphologie) der festen Erdoberfläche zu schaffen. Wenn man unbefangen urteilt, kann man nicht leugnen, daß in diesen fünfzig Jahren viel geleistet worden ist. Natürlich waren viele Ansätze in der Geologie und der physischen Geographie und in wissenschaftlichen Reisebeschreibungen vorhanden; aber wer eine geographische Darstellung von damals und heute in die Hand nimmt, dem wird ein Unterschied in dem Maße und der Art der Behandlung der Formen der Erdoberfläche entgegentreten, wie er größer kaum gedacht werden kann.

Aber diese Entwickelung hatte eine Kehrseite. Es läßt sich nicht leugnen, daß die Pflege der Morphologie auf Kosten anderer Zweige der Geographie sogar überwucherte, daß man von einer Hypertrophie der Morphologie im Lehrgebäude der Geographie reden kann; wie der verlorene Sohn bei seiner Heimkehr den Eltern der liebste ist und von ihnen am meisten gehegt wird, so wird einem lange vernachlässigten Zweige der Wissenschaft später die größte und oft übertriebene Pflege zu Teil. Eine Zeit lang war fast alle wissenschaftlich-geographische Arbeit auf Morphologie gerichtet, jeder junge Geograph mußte in erster Linie Morpholog sein, der

Geologe wurde fast als ein geborener Geograph angesehen, Schulleute wollten den Unterricht in der Geologie mit dem in der Geographie verbinden, die beiden Fächer in den Prüfungsordnungen zusammenfassen. Gegen diesen Überschwang hat sich seit einiger Zeit eine Reaktion geltend gemacht, die besonders unter dem Eindrucke des Weltkrieges an Boden gewonnen hat. Die feste Erdoberfläche ist nur ein Gegenstand der Geographie; neben ihm stehen gleichberechtigt wenigstens fünf andere, denen die Geographie gleichmäßig ihre Aufmerksamkeit zuwenden muß. Sie alle bedürfen der wissenschaftlichen Vertiefung, und sowohl aus allgemeinkulturellen wie aus nationalen Gesichtspunkten heraus wird das größte Interesse immer dem Menschen zugewandt werden. Ein Rückschlag war darum berechtigt. Aber er darf nicht zu weit gehen; man soll nicht das Kind mit dem Bade ausschütten. Die Formen der Erdoberfläche sind nun einmal der hervorstechendste Zug im Bilde der Landschaft, sind die Grundlage des Klimas und alles Lebens, auch der Siedlung und des Verkehrs, der Wirtschafts- und überhaupt der Kulturverhältnisse des Menschen. Ein Geograph, der keine klare und reiche Auffassung der Oberflächenformen hat, wird auch bei der Lösung anderer wissenschaftlicher Aufgaben versagen; gründliches Studium der Formen der Erdoberfläche ist unbedingtes Erfordernis für jeden. Und was subjektiv vom einzelnen gilt, gilt auch objektiv von der Wissenschaft im ganzen. Die Geographie darf nicht in Morphologie aufgehen; aber sie würde verkümmern, wenn sie auf diese verzichten wollte. Sie kann sich für den Aufbau dieses Grundstockes ihres Lehrgebäudes nicht mit dem begnügen, was ihr etwa die Geologie erarbeitet, sondern muß diesen Grundstock selbst bauen, wenn nicht das ganze Gebäude brüchig werden soll.

Das Verhältnis der Geologie zu der Formenlehre der Erdoberfläche hat im Laufe der Zeit geschwankt und ist auch heute nicht recht klar. Sie wird die Oberflächenformen nicht ganz außer Acht lassen können; kann sie doch aus ihnen oft bedeutsame Schlüsse auf den inneren Bau ziehen, führt doch das Studium der Gesteine und der Vorgänge fast von selbst auf das Studium der Formen! Man wird es dem Geologen, der eine Gegend aufnimmt, nicht verargen dürfen, wenn er seine Arbeit in einer Beschreibung der Oberflächenformen ausklingen läßt. Der Geograph wird auf ihn nicht eifersüchtig sein, sondern sich im Gegenteil seiner Hilfe freuen, sofern jener nur die erforderliche wissenschaftliche Vorbereitung für

die Lösung morphologischer Probleme mitbringt, was keineswegs immer der Fall ist. Er wird sich aber gegen die Anmaßung manches Geologen wehren, der seinerseits den Geographen aus seinem Arbeitsgebiete verdrängen will. Gerade die ältere deutsche Geologie hat auf dem Gebiete der Morphologie nicht viel geleistet! Die heutigen Formen der Erdoberfläche sind für den Geologen immer nur eine Zutat; die eigentliche Bedeutung der Morphologie für die Geologie, die ihrem Wesen nach Erdgeschichte ist, liegt nicht in der Auffassung der heutigen Form, sondern in der Erkenntnis der Form der Erdoberfläche in vergangenen geologischen Perioden; das ist ein wichtiger, aber erst wenig bearbeiteter Teil der sog. Paläogeographie, die immer mehr zu einem wesentlichen Bestandteile der Geologie wird. Hier muß die geologische Arbeit viel mehr als bisher einsetzen, und da nach dem bekannten, besonders von *Lyell* in die Wissenschaft eingeführten Forschungsgrundsatze der sichere Ausgangspunkt für die Erforschung der Vergangenheit immer das eindringende Studium der Gegenwart ist, muß sich der Geolog ebenso wie mit den Vorgängen auch mit den Oberflächenformen der Gegenwart gründlich vertraut machen.

Man kann die Frage aufwerfen, ob die Morphologie der Erdoberfläche außer ihrer geographischen oder chorologischen und ihrer geologischen oder erdgeschichtlichen Bedeutung auch selbständige Bedeutung in dem Sinne einer Wissenschaft von den Oberflächenformen als solchen ohne Rücksicht auf ihre örtlichen oder zeitlichen Beziehungen habe, ob es eine Morphologie als selbständige Wissenschaft gebe oder geben werde. Wenn man zum Vergleiche an die Bodenkunde, die Schwester der Formenkunde, denkt, erscheint die Frage nicht unberechtigt; denn die Bodenkunde ist zweifellos neben ihrer Behandlung in der Geologie und Geographie eine selbständige Wissenschaft geworden, die besonders im Interesse der Land- und Forstwirtschaft gepflegt wird. In einem ähnlichen Verhältnis steht die Morphologie zur Militär- und Verkehrswissenschaft. Unsere Karten sind meist Generalstabskarten, werden vom Militär und vorzugsweise in militärischem Interesse gezeichnet; wenn die Militärwissenschaft oder wenigstens die deutsche Militärwissenschaft die theoretische Geländelehre bisher so wenig gepflegt hat, so liegt eine Unterlassungssünde vor, denn die französische Militärwissenschaft ist darin weiter gegangen. Auch das wirtschaftliche Leben braucht, besonders für das Verkehrswesen, eine Geländetechnik.

die auf wissenschaftliche Auffassung der Oberflächenformen begründet werden muß. So wird die Morphologie doch wohl auch im Sinne einer systematischen oder Gegenstandswissenschaft, d. h. einer Wissenschaft von den Oberflächenformen als solchen, gepflegt werden müssen, wobei die örtliche und die zeitliche Verteilung der Formen nur als Eigenschaften der einzelnen Formenklassen erwähnt werden, aber nicht der eigentliche Gegenstand des Interesses sind.

Eine solche systematische Morphologie gibt es, fast möchte ich sagen: unabsichtlich, schon seit langem. Viele, wohl die meisten geographischen Darstellungen der Morphologie haben diesen systematischen Charakter, stellen die Formen als solche statt ihres Vorkommens in den Vordergrund der Betrachtung, ordnen den Stoff nach Formenklassen. Eine Morphologie in diesem Sinne ist zwar, wie die allgemeine Bodenkunde, eine Disziplin der Wissenschaftsgruppe, die man als allgemeine Erdkunde bezeichnen kann; aber sie ist noch keine Geographie. Der Geographie sind die Formen der Erdoberfläche immer Bestandteile der Landschaft und müssen als solche verstanden werden; die einzelnen Formen müssen in der Landschaft stehen, sich aus Bau und Klima des Landes ergeben, die Grundlage des Pflanzen- und Tierlebens und des Menschen bilden. Die geographische Betrachtung muß darum immer chorologisch sein; das kann gar nicht oft genug betont werden, weil der Spezialist es so oft wieder vergißt. In der Forschungsarbeit gehen die geographische, die geologische und die systematische Morphologie eine lange Strecke Weges zusammen, um sich erst dann zu trennen; sie behauen dieselben Bausteine, aber sie führen andere Gebäude daraus auf, und der Geograph versäumt seine eigentliche Aufgabe, wenn er, wie es so oft geschieht, das Lehrgebäude der systematischen Morphologie aufführt, statt am geographischen Lehrgebäude zu arbeiten und die Formen der Erdoberfläche als Ursache und Wirkung in die Landschaft hineinzustellen.

Die Morphologie hat verschiedene Ausdrucksmittel. Die grundrißmäßige Wiedergabe der Formen der Erdoberfläche ist heute in erster Linie Sache der Karte, zu der als Aufriß das Profil hinzutritt. Karten sind seit dem Altertum gezeichnet worden; aber erst seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts haben wir in zahlreichen Höhenmessungen das Material und in den Höhenlinien und der Schraffur die Ausdrucksmittel gewonnen, um, als Ersatz des kör-

perlichen Reliefs, das Gelände, allerdings nur in abstrakter Weise, darzustellen. Seitdem ist das Material ungeheuer gewachsen, die Darstellungsmethoden sind immer weiter ausgebildet worden, so daß wenigstens von allen Kulturländern Karten großen Maßstabes vorliegen. Dazu ist die Technik der Kartenvervielfältigung so viel besser und billiger geworden — in dieser Beziehung wirft uns allerdings der Krieg weit zurück —, daß die Karten weite Verbreitung finden und in den Händen jedes sein können, der daran Interesse hat. Als Ergänzung der abstrakten Karten und Profile dienen Ansichten, seien es Gemälde und Zeichnungen oder Photographien, die auf die geometrische Strenge verzichten, dafür aber ein anschauliches Bild der Landschaft geben.

Die Bedeutung der sprachlichen Darstellung hat sich durch dies Vordringen der Karte und auch des Bildes ganz verändert. Ursprünglich mußte die Sprache die Formverhältnisse einer Landschaft klar zu machen suchen; heute tut das die Karte, und die Sprache tritt nur ergänzend dazu. Von dem Verhältnis der sprachlichen Beschreibung eines Landes zur Karte gilt ungefähr, was Lessing im Laokoon von dem Verhältnis der Dichtkunst zur bildenden Kunst gesagt hat. Die Sprache, in der Wort auf Wort, Satz auf Satz folgt, die daher Zeit braucht, um eine Vorstellung zu erwecken, kann ein verwickeltes räumliches Verhältnis nie klar machen. Es ist lehrreich, auf Aussichtspunkten den Versuch einer umfassenden Beschreibung der Aussicht anzustellen; er wird nie gelingen, die Beschreibung wird nie die Aussicht in die Erinnerung zurückrufen, anderen nie eine richtige Vorstellung geben. Umständliche Beschreibungen der Oberflächengestalt eines Landes sind mit Recht aus den geographischen Darstellungen ziemlich verschwunden und fristen fast nur noch in statistischen Landesbeschreibungen und dergl. ihr Dasein. So lange das Wort bei der reinen Beschreibung bleibt, kann es seine Aufgabe nur darin sehen, die Hauptsachen hervorzuheben und das, was auf der Karte nicht zum Ausdrucke kommt, zu ergänzen, namentlich die in der Art der Kleinformen begründete Physiognomie der Landschaft zu kennzeichnen, wobei es sich allerdings oft, durch begleitende Bilder entlastet, auf Erläuterungen beschränken kann.

Zur eigentlichen Aufgabe der Morphologie ist immer mehr die ursächliche Untersuchung und erklärende Darstellung geworden; mit ihr haben wir es in diesem Buche hauptsächlich zu tun. Es hat

ja lange gedauert, bis unter der Führung von *Peschel* und *Richthofen* die ursächliche morphologische Auffassung in die Geographie Eingang gefunden hat; sie hat sich nur gegen starken Widerstand der älteren Geographen durchsetzen können, und manche verhalten sich heute noch ablehnend gegen sie, wozu ihnen die Übertreibungen der morphologischen Schule ein gewisses Recht geben. Aber man darf die ursächliche Auffassung der Erdoberfläche heute als einen gesicherten Besitz unserer Wissenschaft ansehen. Eine Wissenschaft kann sich nie mit der reinen Beschreibung begnügen und auf die Erklärung verzichten, diese einer anderen Wissenschaft überlassen. Schon die volle Auffassung der Tatsachen ist ohne Erkenntnis der Ursachen gar nicht möglich. Wer beispielsweise weiß, daß ein Bergland, dessen Kenntnis er sich zur Aufgabe gesetzt hat, ein von Flüssen zerschnittenes Tafelland ist, wird es besser auffassen, seinem Gedächtnis einprägen, anderen klar machen können, als wer sich keine Gedanken über die Entstehung macht und die Täler und Berge als gegebene Tatsachen hinnimmt, die er sich einzeln merken muß. Die Formen der Erdoberfläche können auch nur durch ihre ursächliche Auffassung in den Zusammenhang der Erscheinungen gerückt und zu einem Bestandteile der Landesnatur werden; denn sie sind je nach Bewässerung, Klima, Pflanzendecke und selbst nach der Art der Tierwelt und der menschlichen Bewohner verschieden, hängen von ihnen ab. Wenn überhaupt die ursächliche Auffassung der Länder und Landschaften die eigentliche Aufgabe der Geographie ist, so liegt kein Grund vor, gerade vor der Gestalt der festen Erdoberfläche damit Halt zu machen.

Die Ursächlichkeit der Formen zu untersuchen, ist die Aufgabe dieses ganzen Buches. Nur eine Unterscheidung muß gleich hier am Eingange gemacht werden. Die Erfahrung lehrt, daß die Gestalt der Erdoberfläche durch die Einwirkung oberflächlicher Kräfte auf den inneren Bau der festen Erdrinde entsteht. Dadurch zerlegt sich die Aufgabe einer Erklärung der Gestalt der festen Erdoberfläche, also der Formenlehre oder Morphologie im weiteren Sinne, in zwei Aufgaben: in die Auffassung und Erklärung des inneren Baus und die Auffassung und Erklärung von dessen oberflächlicher Umbildung. Jene fällt der Tektonik, diese der Formenlehre oder Morphologie im engeren Sinne zu. Die Unterscheidung ist nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch wichtig. Zwar muß sich die Geo-

graphie auch mit den Tatsachen des inneren Baus vertraut machen, weil sie die notwendige Grundlage sind; aber deren Bearbeitung ist mehr Sache der Geologie. Der Geograph widmet sich ihnen nur, wenn ihn, wie es in weniger bekannten Ländern allerdings oft der Fall ist, die Geologie im Stiche läßt, und er muß sich dabei geologischer Arbeitsmethoden bedienen. Die Morphologie im engeren Sinne dagegen ist nicht nur in ihren Ergebnissen geographisch bedeutsam, sondern auch vorzugsweise Arbeitsgebiet des Geographen. Dieses Buch hat es nur mit ihr zu tun und wird die Lehre vom inneren Bau (Tektonik) nur heranziehen, soweit es zum Verständnis jener nötig ist.

Es ist nicht meine Absicht, hier eine systematische Behandlung der geographischen Morphologie zu geben; ich will vielmehr nur deren grundlegende Probleme erörtern. Sie hat in dem letzten halben Jahrhundert eine rasche, manchmal sich überstürzende Entwicklung durchgemacht. Als gegen Ende der 60er Jahre *Peschels* Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde und *Rütimeyers* Tal- und Seebildung erschienen, stand sie noch in den Kinderschuhen. Zwar hatten die englischen Geologen manche gute Einsicht gewonnen; aber die kontinentale Geologie wußte eigentlich nur mit den Kleinformen etwas anzufangen. *Peschels* Probleme bedeuten die Übernahme der Morphologie in die Geographie und damit die Eröffnung weiterer Perspektiven; *Rütimeyers* Untersuchung bedeutet die Begründung der induktiven Forschung und speziell der Lehre von der Erosionsnatur der Täler, die die Grundlage aller weiteren Forschung geworden ist und für die Auffassung der Abtragung über die Fläche die notwendige Voraussetzung war. Von besonderer Bedeutung wurden die Untersuchungen in den Kordilleren der Vereinigten Staaten, wo eine Anzahl hervorragender Männer, an ihrer Spitze *Powell*, meist Offiziere, die zugleich Geographen und Geologen waren, unter besonders günstigen Bedingungen arbeiteten, sowie die Untersuchungen *Richthofens* in Ost- und Süd-Asien. Sein Führer für Forschungsreisende hat wie kein anderes Werk anregend und wegweisend gewirkt und ist, obwohl im einzelnen vielfach veraltet, noch heute die beste Einführung in ein eindringendes Studium der Morphologie. Nur wer die Zeit vorher schon denkend erlebt hat, kann den ungeheuren Fortschritt ermessen, den die morphologische Wissenschaft seitdem gemacht hat. Es begann die Zeit solider Einzel-

beobachtungen in der Natur mit wachsender Ausbildung der Methoden. Man verzichtete durchaus nicht auf deduktive, aus dem Wesen der Vorgänge Folgerungen ziehende Betrachtungen, die vielmehr sowohl bei den Amerikanern wie bei Richthofen und seinen Schülern und Nachfolgern eine große Rolle spielen, stellte sie aber immer nur im Zusammenhange mit der induktiven, auf die Naturbeobachtung begründeten Untersuchung an. Man erkannte dabei immer mehr die ungeheure Bedeutung der oberflächlichen Umbildung, die den Bau der Landschaft nicht nur im einzelnen angreift, sondern eine ganz neue Oberfläche schafft. Aber man blieb sich immer bewußt, daß sie an den inneren Bau anknüpft und daß die Oberflächenformen nur aus diesem verstanden werden können; wo der innere Bau noch nicht genügend bekannt war, wie es oft genug vorkam, scheute man sich nicht, selbst die Hand ans Werk zu legen, um die Grundlagen für die eigentliche geographische Betrachtung zu gewinnen.[1])

Selbstverständlich bestanden im einzelnen mancherlei Meinungsverschiedenheiten, von denen ich nur die über die Gletschererosion, über die Rolle des Windes bei der Ausgestaltung der Wüste, auch über die marine Abrasion oder festländische Abtragung als Ursache der Einebnung des Landes hervorheben will; aber ein grundsätzlicher, das ganze Wesen der Wissenschaft umfassender Gegensatz entstand erst durch die Lehre des Amerikaners *W. M. Davis*[2]), die sowohl

---

1) In dieser Hinsicht hebe ich namentlich die Untersuchungen *Philippsons* in Griechenland und Kleinasien hervor. Eine besonders wichtige morphologische Untersuchung war *Pencks* Vergletscherung der deutschen Alpen. Die Summe des morphologischen Wissens wurde in *Noë* und *Margerie, Les formes du terrain* 1888 und in *Pencks* Handbuch der Morphologie, 2 Bde., 1894 (mit großer Beherrschung des Stoffes, aber nicht eigentlich geographisch, sondern mehr im Sinne einer besonderen Sachwissenschaft und nicht frei von Scholastik), kürzer auch in *Supans* Grundzügen der physischen Erkunde 1884 zusammengefaßt. Neuerdings kann auch *Passarge*, Grundlagen der Landschaftskunde, Bd. III, 1920, hierher gestellt werden, wo namentlich die Vorgänge sachkundig besprochen werden.

2) Zuerst in einer Reihe einzelner Arbeiten, von denen die wichtigsten allgemeineren Inhaltes in den *Geographical Essays*, Boston o. J., gesammelt worden sind, später in einem in deutscher Sprache verfaßten zusammenfassenden Werke: Die erklärende Beschreibung der Landformen, Leipzig 1912, daneben in einem kleineren Lehrbuch: *Physical Geography*, deutsche Ausgabe von *Braun*: Grundzüge der Physiogeographie 1911, 2. Aufl. 1915. Eine gute Übersicht seiner Lehre gibt der Aufsatz von

in der Methode wie in der Theorie einen Umschwung bedeutete. *Davis* hat seinen Ausgang von der amerikanischen Kordillerenforschung genommen und durch Beobachtungen, die sich auf vielen Reisen über die meisten Teile der Erde erstreckten, einen reichen Schatz morphologischer Erfahrung gesammelt. Er selbst ist erst nachträglich zur Deduktion gekommen; aber grundsätzlich stellt er sie nun in den Vordergrund, und die Anwendung der deduktiven Methode oder, was auf dasselbe hinauskommt, die von vornherein erklärende Beschreibung ist der methodische Charakterzug der „modernen Schule", wie sie sich selbst gern bezeichnet, geworden. Damit geht eine andere theoretische Auffassung Hand in Hand, und diese Verbindung ist nicht zufällig, sondern innerlich darin begründet, daß die deduktive Methode nur bei vereinfachter Theorie anwendbar ist. Oder vielleicht hat in umgekehrtem psychologischem Entwicklungsgang eine vereinfachte theoretische Auffassung die Anwendung der deduktiven Methode möglich gemacht. Der maßgebende theoretische Gedanke ist der Gedanke der fortschreitenden Abtragung und Einebnung des Landes durch die an seiner Oberfläche wirkenden Kräfte. An sich nicht neu, wird dieser Gedanke doch mit viel größerer Beharrlichkeit und auch Einseitigkeit durchgeführt, und die aus ihm entspringenden Begriffe des morphologischen Alters, des Zyklus und der Fastebene *(Peneplain)* stehen im Mittelpunkte und sind die Schlagworte der Davisschen Schule; sowohl der Einfluß des verschiedenen inneren Baus wie die verschiedene Art der oberflächlichen Umbildung werden, wie der Bureaukrat sagen würde, in eine nachgeordnete Stelle gerückt. Das eigentlich geographische Element tritt in der Davisschen Morphologie ziemlich zurück; sie tritt als mehr oder weniger selbständige Wissenschaft auf.

Das große, durch eine seltene Kunst des Zeichnens unterstützte didaktische Geschick von Davis und die bestechende Einfachheit der Lehre, die einen leichten Zugang zum Verständnis der Dinge eröffnet oder wenigstens zu eröffnen verspricht, haben ihr, ähnlich wie s. Z. der Hegelschen Philosophie, große Verbreitung, wenn auch in den verschiedenen Ländern in verschiedenem Maße, verschafft: die amerikanische Forschung scheint ganz im Banne der Davisschen Methode und Lehre zu wandeln, die nüchternen Engländer haben

---

Rühl: Eine neue Methode der Morphologie, in Abderhaldens Fortschritten der naturwiss. Forschung VI 1912.

sie allerdings großenteils abgelehnt, dagegen haben viele Franzosen, namentlich *Lapparent* und *Martonne*, und ein großer Teil der jüngeren (oder jetzt mittelalterlichen) deutschen Geographen und Geologen sich ihr mehr oder weniger hingegeben.

So gehen heute zwei Richtungen der Morphologie neben einander her und stehen einander bis zu einem gewissen Grade gegenüber, und es handelt sich darum, zwischen ihnen die Entscheidung zu treffen.

Um eine sichere Stellung zu gewinnen, könnte man eine Geschichte der Morphologie schreiben, von der bisher nur wenige Bausteine vorhanden sind. Es wäre sehr lehrreich, zu sehen, wie sich die Probleme allmählich entwickelt haben und mehr oder weniger gelöst worden sind. Auch die Behandlung einzelner Probleme, wie etwa der Karstbildung, der Bodengestaltung in der Wüste, der Glazialerosion, der Bildung der Rumpfflächen, oder die Charakteristik einzelner Schulen, z. B. die Behandlung der morphologischen Probleme in der englischen Geologie oder in der amerikanischen Kordillerenforschung, würden von Interesse sein. Eine Vertiefung in die Geschichte der Wissenschaft auch nur in den letzten Jahrzehnten würde die Kritik schärfen und würde vor so falschen Urteilen bewahren, wie man sie nur allzu oft in den Schriften der „modernen" Morphologen findet.

Ich will hier jedoch lieber eine andere Form der Behandlung wählen. Zwar in einem gewissen Anschlusse an den Entwickelungsgang der Wissenschaft, aber nicht eigentlich geschichtlich will ich die wichtigsten Probleme nach einander behandeln und will untersuchen, was zu ihrer Lösung geschehen ist und was noch zu tun übrig bleibt; ich will mit den einfacheren beginnen und zu den schwierigeren und verwickelteren fortschreiten, um schließlich zur Gesamtauffassung zu gelangen. Eine solche Behandlung kann ganz akademisch, platonisch, objektiv im engeren Sinne des Wortes sein, sie kann bei den Streitfragen die verschiedenen Meinungen einander gegenüberstellen, ohne selbst Partei zu ergreifen. Ich glaube nicht, daß damit der Wissenschaft in diesem Augenblicke ein großer Dienst erwiesen würde; ich will nicht berichten, sondern kritisch Stellung nehmen.[1]) Wenn die Verwirrung in der

1) Ich habe die Kritik, von mehr gelegentlichen älteren Äußerungen abgesehen, mit einem Aufsatze über die Terminologie der Oberflächen-

morphologischen Wissenschaft nicht noch größer werden soll, als sie schon ist, müssen die Methoden und Theorien auf ihren Wert hin geprüft werden. Was sich von falschen Methoden und von Irrtümern der sachlichen Auffassung breit macht, muß ausgejätet werden, damit der Boden für solide wissenschaftliche Forschung wieder frei wird. Durch eine solche Untersuchung hoffe ich sowohl der Geographie wie auch der Geologie und der systematischen Morphologie zu nützen.

I. Die Kleinformen der Landschaft.

1. Die Bedeutung der Kleinformen.

Besondere Kleinformen sind es, was die Aufmerksamkeit des Laien zunächst erregt, was er als merkwürdig empfindet, wofür er eine Erklärung sucht, während er die großen Formen und auch die gewöhnliche Form der Hänge fast als selbstverständlich hinnimmt. Ähnlich ist es in der Entwickelung der Wissenschaft gegangen. Sie hat mit dem Studium auffallender Küstenklippen, Kalkhöhlen, Sandstein- und Granitfelsen eingesetzt, hat sich ihnen früher als den Großformen, namentlich auch als den Tälern zugewandt, die lange einfach als Spalten hingenommen wurden und deren Betrachtung erst später hinzukam; ihr Studium erschien als ein fester Bestandteil der Wissenschaft. Aber neuerdings hat sich unter der Führung von *W. M. Davis* eine Schule von Morphologen vom Studium der Kleinformen abgewandt. Weder wird solcher auffallender Felsformen wie etwa der Erdpyramiden oder der Grotten, Tore und Pfeiler des Quadersandsteins oder der Felsenmeere anderer Mittelgebirge auch nur mit einem Worte gedacht, noch werden etwa die Formen verschiedener Gesteine oder verschiedener Klimate in allgemeiner Weise besprochen. Sie werden nicht nur vernachlässigt, sondern grundsätzlich bei Seite gelassen. Weder in den wissenschaftlichen Einzeluntersuchungen noch in den zusammenfassenden Darstellungen dieser Schule ist von Kleinformen die

---

formen 1911 begonnen und in den folgenden Jahren in einer Reihe von Aufsätzen in der Geogr. Zeitschrift fortgeführt. Eine ähnliche Kritik durchdringt *Passarges* Physiologische Morphologie (1912) und den eben (Herbst 1920) erschienenen 3. Band seiner Landschaftskunde. Auch *Supan* hat die Davissche Lehre in der letzten Auflage seiner Physischen Erdkunde (1916) abgefertigt.

Rede. *Rühl* erklärt ihr Studium ausdrücklich für unnötig und weist es der Geologie zu. Und doch sind sie morphologisch sehr wichtig, und zwar in zweierlei Hinsicht: unmittelbar, weil sie ein bestimmendes Element der Landschaft sind, mittelbar, weil sie vielfach den Schlüssel für das Verständnis der durch Abtragung oder Ablagerung entstandenen Großformen geben. Darum hat die ältere deutsche Schule der Morphologie unter *Richthofens* Führung den Kleinformen immer große Aufmerksamkeit zugewandt: *ich* bin als Student in der sächsischen Schweiz vom Studium der eigentümlichen Felsformen ausgegangen, *Walther* hat die Kleinformen der Wüste studiert, ihr Studium steht im Mittelpunkte von *Passarges* physiologischer Morphologie, in der es sogar zu sehr über das Studium der Talbildung überwiegt. So vollzieht sich schon hier die Scheidung der Geister, die sich heute in allen Teilen der Morphologie zu erkennen gibt.

Die Kleinformen sind unmittelbar ein wichtiges geographisches Element, da sie das Antlitz der Landschaft oder, man kann auch sagen, ihren Baustil und damit ihren ästhetischen Charakter in hohem Grade bestimmen. Wie kann man ein Bild der sächsischen Schweiz oder der Höhen des Harzes gewinnen, ohne der charakteristischen Felsformen zu gedenken? Wie ein Bild des Hochgebirges oder der Wüste? Manchen Gegenden fehlen auffallende Kleinformen; aber dann ist eben dieser Mangel charakteristisch, und gerade die Entstehung glatter Hänge muß zum Gegenstande eingehenden Studiums gemacht werden. Eine morphologische Darstellung ohne die Kleinformen ist immer tot und schematisch. Sie gleicht einer Karte kleinen Maßstabes, die die Eigentümlichkeit der einzelnen Kleinformen nicht mehr herausbringen kann. Was hier eine unangenehm empfundene Notwendigkeit ist, ist dort freiwilliger Verzicht, für den kein Grund vorliegt. Auch der Einfluß der Landschaft auf Pflanzen- und Tierwelt und auf den Menschen, also ein großer Teil ihrer eigentlichen geographischen Bedeutung, geht damit zu einem guten Teil verloren. Ich erinnere nur etwa an die Bedeutung der Höhlen und Überhänge als Wohnstätten des primitiven Menschen, der Felsen für Burganlagen. Wie sehr hängen Land- und Forstwirtschaft von Felsen und Regenrissen ab!

Dazu kommt als zweites die mittelbare Bedeutung des Studiums der Kleinformen, ihre Bedeutung für das Verständnis der Abtragungsvorgänge und damit auch der Großformen.

Sie entstehen durch Vorgänge der Verwitterung und Bodenbewegung (oder Bodenversetzung), und man kann diese daher aus ihnen ebensosehr wie aus dem Studium der Bodenbeschaffenheit erkennen. Beispielsweise habe ich die Bedeutung des Sickerwassers in der sächsischen Schweiz aus dem Studium der kleinen Höhlchen abgeleitet. Die Kenntnis dieser Vorgänge ist aber für das Verständnis der Großformen unerläßlich. Die meisten Kleinformen sind verhältnismäßig junger Entstehung und haben nur kurze Dauer; sie vergehen, hinterlassen aber ihre Spuren, und diese summieren sich; daraus ergeben sich Großformen. Die Talhänge bilden sich durch eine solche Summierung der die Kleinformen erzeugenden Vorgänge; ihre Form hängt mit der Art der Kleinformen eng zusammen. Man denke nur etwa an die Felswände in durchlässigem Sandstein! Das Verständnis der Abtragung im großen und der Großformen muß daher auf dem Studium der Verwitterungsvorgänge und der Kleinformen beruhen. Die große Einseitigkeit der *Davis*schen Methode, von der wir uns im Laufe unserer Ausführungen überzeugen werden, ihr Schematismus und ihre mangelnde Auffassung der verschiedenen Ausbildung der Formen in verschiedenen Erdstrichen hat in letzter Linie in der Vernachlässigung der Kleinformen ihren Grund. Es ist durchaus nicht richtig, daß diese Vorgänge genügend bekannt seien, um mit ihnen rechnen zu können. Im Gegenteil sind sehr wesentliche Schritte zu ihrer Erkenntnis erst ganz neuerdings getan worden, und viel bleibt noch zu tun übrig.

2. Die Methoden der Beschreibung und Untersuchung.

Das erste Erfordernis ist, wie bei jeder wissenschaftlichen Arbeit, die genaue Beschreibung dessen, was man sieht oder überhaupt sinnlich wahrnimmt; denn nur sie ist objektiv und bleibt, während die Erklärung subjektiv und dem Wechsel unterworfen ist. Diese Aufgabe ist gerade den Kleinformen gegenüber gar nicht so leicht. Man hilft sich durch allgemeine Worte wie: eben, flach, steil, felsig usw. oder durch Vergleiche mit Gegenständen des täglichen Lebens; aber das sind immer nur Notbehelfe, für die sich kaum allgemeine Regeln aufstellen lassen. Auch die Karte versagt den Kleinformen gegenüber. Hier hat die Abbildung und insbesondere die Photographie ihr größtes Recht. Die Sammlungen morphologischer Photographien von *Chaix* u. a. haben ja besonders Kleinformen im Auge, und in der, oft allerdings recht

schwierigen, Wiedergabe charakteristischer Kleinformen kann man kaum weit genug gehen.

Erst danach darf die Erklärung, d. h. die Zurückführung auf die Ursachen, folgen; sie darf nicht, wie es so oft geschieht, in die Beschreibung hineingetragen werden, weil diese dadurch leicht gefälscht wird. Die Erklärung von Formen der Erdoberfläche besteht in der Zurückführung auf die Vorgänge, denen sie ihre Bildung verdanken; da es sich hauptsächlich um physikalische und chemische Vorgänge handelt, muß die Untersuchung auf physikalische und chemische Gesetze zurückgehen, und es wird einmal eine Zeit kommen, in der man sie als angewandte Physik und Chemie behandeln kann. Aber die Zeit einer solchen Geophysik und Geochemie ist noch nicht gekommen. Die dynamische Geologie muß sich mit diesen Vorgängen beschäftigen, weil nach dem von *Lyell* aufgestellten Grundsatze des Aktualismus nur sie das Verständnis der geologischen Vergangenheit möglich machen. Aber auch die geographische Vergangenheit kann gar nicht anders, als auf die Vorgänge zurückgehen, weil sie die Kleinformen nur dadurch in ursächliche Beziehung zum ganzen Charakter der Landschaft setzt.

Der Ausgangspunkt der morphologischen Untersuchung, d. h. der Untersuchung der Formen der Erdoberfläche, sind die Formen als solche. Bei ihrem Anblicke schießen dem Beobachter Vermutungen durch den Kopf, wie sie entstanden sein mögen. Aber diese Vermutungen müssen geprüft werden, um wissenschaftliche Berechtigung zu bekommen, und diese Prüfung geschieht auf verschiedene Weise.

Unmittelbare Beobachtung der Entstehung einer Form ist besonders dann möglich, wenn der Vorgang ausnahmsweise stark ist, z. B. in einem Bergsturze, einem Staubsturm, einem Hochwasser besteht. Solche Beobachtungen sind natürlich von großem Wert, und man soll darum die Nachrichten darüber, die oft in Zeitungen und Lokalchroniken enthalten sind, möglichst sammeln. Durch lange sorgfältige Beobachtung, ähnlich den geduldigen Beobachtungen, mit denen etwa die Brüder *Müller* die Insektenbefruchtung oder *Lubbock* u. a. das Leben der Ameisen verfolgt haben, kann man auch kleinere Vorgänge und ihre Wirkungen erkennen: das Springen der Steine in der Wüste, den Abfall von Moospolstern mit Sand, das Abspülen und Auswaschen nach Regengüssen.

Zunächst aber muß man meist mittelbar an die Probleme herangehen. Die Feststellung der Verbreitung der zu untersuchenden Formen innerhalb des Untersuchungsgebietes und unter Umständen auch darüber hinaus über die ganze Erde, und der Vergleich der Verbreitung mit der Verbreitung anderer Erscheinungen, die als Ursachen oder Bedingungen angenommen werden können, wie Sonnen- oder Schatten-, Luv- oder Leeseite, Beziehung zu Nebel, zu Grundwasser und Quellhorizonten usw., liefern eine wichtige positive oder negative Instanz, sie zeigen, daß die beiden Erscheinungen wahrscheinlich etwas mit einander zu tun haben oder daß sie nichts mit einander zu tun haben. Aber man muß dabei vorsichtig vorgehen. Häufig wird man zuerst mit einer unvollkommenen Auffassung sowohl der zu untersuchenden Form wie des als Ursache in Betracht kommenden Vorganges an die Untersuchung der Verbreitung herangehen und daher teilweise Übereinstimmung, teilweise Abweichung der Verbreitung finden. Erst die Bemühung, diesen Widerspruch aufzuklären, wird zu schärferer Auffassung führen. Wenn eine Erscheinung in einem Gebiet ohne den sie sonst begleitenden Bildungsvorgang auftritt, so ist das kein zwingender Beweis gegen die Abhängigkeit; denn die Form kann auch aus einer früheren Zeit stammen, in der der Vorgang vorhanden war, z. B. als das Meer in die Gegend hineinreichte oder ein anderes Klima herrschte.

Sehr wichtige Hilfe kann der Vergleich der Oberflächenformen mit der Bodenbeschaffenheit leisten. Weder ist die Oberflächenform eine Wirkung der Bodenbeschaffenheit noch die Bodenbeschaffenheit eine Wirkung der Oberflächenform, aber beide hängen von denselben Bildungsvorgängen ab; und wenn ich daher die Bildungsvorgänge des Bodens kenne oder ermittele, so werde ich daraufhin auch die Bildungsvorgänge der Oberflächenformen, die mit der betreffenden Bodenbeschaffenheit zusammen vorkommen, leichter erkennen können. Anstehender und transportierter Schutt, Flußablagerungen, Geschiebelehm, Salzausblühungen, Kalkkrusten, die charakteristischen Steingärten der Polarländer usw. mit den sie begleitenden charakteristischen Oberflächenformen mögen als Beispiele dienen! Morphologische Untersuchungen dürfen daher nie ganz von der Untersuchung der Bodenbeschaffenheit getrennt werden.

Wenn man auf Grund vergleichender Untersuchung oder auch nur einer Vermutung in einem bestimmten Vorgange die Bildungs-

ursache einer Form annehmen zu dürfen glaubt, so muß man sich die Mechanik des Vorganges klar machen. Das haben z. B. *Walther* und die von ihm beeinflußten Forscher nicht genügend getan, als sie die Winderosion predigten. Sie fanden bestimmte Formen in der Wüste und sahen andererseits, daß in der Wüste der Wind weht und wirkt, sie sprachen jene Formen darum als Windwirkungen an und forderten die Entstehung durch Wind überall, wo sie dieselben oder ähnliche Formen in anderen Gegenden fanden. Aber wie sollen tief in den Fels eindringende, vielfach verzweigte Grotten oder stark gewundene Täler durch den Wind ausgeblasen sein?

Die Untersuchung der Mechanik eines Vorganges legt natürlich den Gedanken nahe, ihn dem Experiment zu unterwerfen. Vorläufig hat man darin erst wenig getan, aber in der Zukunft wird es vielleicht häufiger angewandt werden, wobei man allerdings nicht vergessen darf, daß das im Laboratorium angestellte Experiment die in der großen Natur draußen herrschenden Bedingungen nie richtig und vollständig wiedergeben kann.

Das Ergebnis der Beschreibung und Untersuchung kann eine Klassifikation nebst Terminologie der Kleinformen sein, die zuerst rein beschreibend auf Grund der äußeren Formeigenschaften und auch der stofflichen Zusammensetzung vorgenommen wird, im Laufe der Untersuchung aber immer mehr der Entstehung der Formen Rechnung trägt, also genetisch wird. Eine solche Klassifikation wird die Beschreibung der Physiognomie einer Landschaft sehr erleichtern. Besonders aber wird sie für den Vergleich verschiedener Landschaften gute Dienste tun. Sie hat für die Morphologie des Festlandes etwa dieselbe Bedeutung wie eine Klassifikation der Vegetationsformen für die Pflanzengeographie. Diese Bedeutung muß jeder Versuch der Klassifikation im Auge behalten, wenn er nicht seinen Zweck verfehlen und zur Spielerei werden soll. Er muß die geographisch charakteristischen und wirkungsvollen Eigenschaften in den Vordergrund rücken. Er wird auch das Gemeinsame derjenigen Formen herauszuarbeiten suchen, die zusammen einen Formenschatz bilden. Wenn eine rein beschreibende Klassifikation zunächst etwa Vollformen und Hohlformen und unter diesen wieder wagrechte und senkrechte, einseitig oder mehrseitig geöffnete usw. Hohlformen unterscheidet, so wird eine genetische Klassifikation darin nur ein Schema sehen, das sie erst durch eine tiefer dringende

Unterscheidung ausfüllen muß. Sie wird dabei auf die in der Art der Vorgänge gegebenen Entstehungsursachen zurückzugehen suchen und sich möglichst an die nach dem Gestein und seiner Lagerungsweise oder nach dem Klima in verschiedenen Gegenden verschiedenen Vorgänge halten.

3. Das Spiel der Kräfte und die Analyse der Formen.

Anfangs faßte man alle merkwürdigen Formen — denn nur um diese kümmerte man sich — als Naturspiele auf oder suchte ihre Erklärung in gewaltigen Naturereignissen: vulkanischen Ausbrüchen, großen Fluten u. dgl. Das ist der Gang der Wissenschaft gewesen, und das wird jedem Reisenden entgegen treten, der sich mit Landeskindern, auch gebildeten, über auffallende Oberflächenformen unterhält. Es war schon ein Fortschritt, als man alle Felsgebilde des Binnenlandes auf eine frühere Ausbreitung des Meeres zurückführte. Selbst *Lyell*, der große Aktualist, der doch überall auf die Vorgänge der Gegenwart zurückgehen wollte, ist dem Fehler unterlegen, daß er auch im Binnenlande ohne weiteres Meereswirkungen annahm, obgleich *Hutton* und *Playfair* diese Einseitigkeit schon überwunden hatten. Erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts hat sich allmählich die Einsicht durchgerungen, daß auch Kräfte des Binnenlandes formbildend wirken.

Es ist hier nicht die Aufgabe, das Spiel der Kräfte im einzelnen darzulegen, sondern es handelt sich nur um die grundsätzliche Auffassung. Es handelt sich um das Schema: die Unterscheidung der einzelnen Vorgänge und ihr Zusammenwirken. Die Hauptsache ist die Erkenntnis, daß es eine große Mannigfaltigkeit von Vorgängen gibt, und daß fast immer mehrere Vorgänge zusammen wirken, um eine Form zu erzeugen, daß man eine Form daher fast nie als die Wirkung eines einzigen Vorganges auffassen kann. In der dynamischen Geologie mag es richtig sein, die Vorgänge zu betrachten und ihnen die Formen unterzuordnen; in der Morphologie ist dies Verfahren unzweckmäßig und führt nicht zum Ziele der sicheren Erkenntnis der Formen. Sie muß vielmehr immer von der Gesamtheit der Vorgänge ausgehen, die an der betreffenden Erdstelle vereinigt sind, und aus ihnen die Formen erklären. Ihre Einheiten sind die Formen selbst und der ganze Formenschatz einer Gegend. Sie hat nicht die Formen der Windwirkung zu betrachten, wie sie in den verschiedensten Erdgegenden auftreten — das ist nur ein

Hilfsstudium —, sondern etwa die Formen der Wüste, mögen sie durch den einen oder den anderen Bildungsvorgang geschaffen worden sein.

Die erste Unterscheidung der Bildungsvorgänge, die wir vornehmen müssen, ist die Unterscheidung der Verwitterung von den Vorgängen der Bewegung, des Transportes und der Umlagerung. Zwischen den beiden Klassen von Vorgängen besteht Wechselwirkung: die Bewegung kann meist erst einsetzen, wenn das Gestein durch Verwitterung gelockert ist, bereitet aber dann neuer Verwitterung die Bahn.

Die Verwitterung ist mehr mechanisch oder mehr chemisch, mehr Zerfall oder mehr Zersetzung, liefert je nachdem Schutt und Grus oder lehmigen Boden. Hat man die Grundzüge der Verwitterung seit langem erfaßt, so hat doch erst die moderne Bodenkunde die Vorgänge im einzelnen verstehen gelehrt, und die Morphologie muß sich bei ihr Rats erholen.

Auch die Bodenbewegungen oder Bodenversetzungen sind noch keineswegs klar. Da das Studium vom feuchten Klima der gemäßigten Zone seinen Ausgang genommen hat, so ist es begreiflich, daß man vom Wasser ausgegangen ist. Es ist auch begreiflich, daß man zuerst das oberflächlich fließende und spülende Wasser beachtet hat und erst später auf die Wirkungen des Wassers im Boden und im Gestein gekommen ist. Aber gerade hierin hat man in den letzten Jahrzehnten sehr wichtige Ergebnisse gewonnen, wie die Erkenntnis des sog. Kriechens (*Götzinger*) oder, wie *Passarge* lieber sagen will, des Bodenschubes und die Erkenntnis der Ausspülung im Schutt in Folge der Durchtränkung des Bodens oder der rinnenden Bewegung des Wassers, die mit jenen die für die Oberflächengestaltung im großen so wichtige Form der Dellen erzeugt (*Schmitthenner*).[1]) Man hat eingesehen, daß diese Vorgänge viel größere Wirkung haben, als man gewußt hatte, daß die Gestaltung der Täler und überhaupt der Berghänge und noch mehr vielleicht der Hochflächen von ihnen abhängt, und daß sie in der Natur eine ebenso beachtenswerte Rolle spielen und ebenso untersucht werden müssen wie die Erosion des fließenden Wassers.

---

1) Eine sehr eingehende Betrachtung dieser Vorgänge gibt *Passarge* im dritten Bande seiner Landschaftskunde. Aber die Abspülung ist hier wohl zu sehr von den Bodenversetzungen getrennt, und die Ausspülung kommt zu kurz.

Die Wirkung des Windes ist in unserem Klima im allgemeinen gering, sie ist jedoch vorhanden und spielt nicht nur an der Meeresküste und im Hochgebirge, sondern auch auf dem Stoppelacker und auf der Straße eine bedeutsame Rolle. In Trockengebieten tritt der Wind, wie zuerst namentlich *Richthofen* gezeigt hat, ebenbürtig neben das Wasser, wenngleich man auch hier die Rolle des Wassers ja nicht unterschätzen und nur die Gestaltung durch den Wind sehen darf. Über die Art der Windwirkung gehen die Meinungen noch aus einander: *Walthers* Deflationstheorie, die die Transportkraft des Windes in den Vordergrund rückt, steht *Passarges* Korrasionstheorie gegenüber, die den Nachdruck auf das Sandgebläse legt. Beide Vorgänge scheinen wirksam zu sein; aber der Deflation, d. h. der Bewegung und Umlagerung des Sandes, kommt wohl die größere Bedeutung zu.

Da es sich hier nicht um Vollständigkeit, sondern nur um die grundsätzliche Auffassung handelt, dürfen andere Bewegungsvorgänge bei Seite gelassen werden.

Den Abschluß jeder Analyse der Vorgänge kann eine genetische Klassifikation nach den oben angegebenen Grundsätzen bilden. Aber ich verzichte darauf, sie durchzuführen oder vielmehr einen Versuch dazu zu machen, denn unsere Kenntnis davon ist noch zu lückenhaft, als daß eine befriedigende Klassifikation möglich wäre. Von einzelnen wichtigen oder charakteristischen Kleinformen werde ich im Laufe der weiteren Erörterungen sprechen.

4. Die Abhängigkeit der Formen vom Gestein und seiner Lagerungsweise.

Ziemlich früh hat man die Abhängigkeit der Formen vom Gestein erkannt (in der deutschen Literatur namentlich *Cotta*) und sogar zu ausschließlich in den Vordergrund gerückt; man hat die Formen gleichsam als eine unmittelbare Eigenschaft des Gesteins aufgefaßt, die nicht weiter erklärt werden könne und erklärt zu werden brauche. Wenn wir diese Auffassung heute als einseitig und unzureichend empfinden, und wenn wir erkannt haben, daß die Formen mit den Lagerungsverhältnissen und mit dem Klima wechseln, im Hochgebirge, in der Wüste, in der Steppe anders sind als bei uns, so bleibt doch eine starke Abhängigkeit vom Gestein unter allen Umständen bestehen. Nur dürfen wir sie nicht als einfache Tatsache hinnehmen, sondern müssen sie aus der physikalischen und chemi-

schen Zusammensetzung und der Struktur des Gesteines zu erklären suchen. Zwar glaubt die *Davis*sche Schule, sich mit der allgemeinen Bezeichnung als hart oder weich begnügen zu dürfen, womit wohl gar nicht Härte oder Weichheit im physikalischen Sinne, wie sie sich etwa durch den Hammerschlag zu erkennen geben, sondern überhaupt größere oder geringere Widerständigkeit gemeint ist; aber damit kommt man nicht durch. Manche Gesteine neigen durch ihre Struktur, namentlich durch die Spaltenbildung, zu besonderen Absonderungsformen, die dann auch die Oberflächenformen beeinflussen; ich erinnere an die Säulen des Basaltes, die quaderförmige Absonderung vieler Sandsteine und Granite, die Schieferung des Gneißes und der krystallinischen Schiefer. Je nach der chemischen Zusammensetzung ist die Verwitterung mehr Zerfall oder mehr Zersetzung, das Verwitterungsprodukt daher Schutt und Grus oder Lehm. Besonders wichtig ist das Verhalten gegen das Wasser, die Durchlässigkeit des Gesteins und des Verwitterungsbodens, da je nachdem das Wasser oberflächlich abfließt oder im Boden bleibt oder im Gesteine versinkt, um erst über undurchlässigen Schichten wieder herauszutreten, also entweder von oben abspült oder ausspült oder untergräbt.[1]) Der wichtige Gegensatz der Dellenbildung und der Wandverwitterung hängt damit zusammen. Danach sind auch die Löslichkeit, durch die sich reiner Kalk von den meisten anderen Gesteinen unterscheidet, und die chemische Zersetzbarkeit wichtig. Für das Verständnis der Formen kommt es immer auf die Gesamtheit der Eigenschaften an. Je nach den besonderen Umständen hat ein Gestein verschiedene Formen, aber allen ist ein gemeinsamer Stempel aufgedrückt; man kann innerhalb des gleichen Klimas von einem Formenschatz der verschiedenen Gesteine — des Granits, des Basaltes, des Schiefers, des Quadersandsteines — sprechen.

Im allgemeinen werden die Gesteine, wie sie die Petrographie unterscheidet, gleiche Eigenschaften und daher bei gleichen Vorgängen gleiche Formen haben; aber kleine Unterschiede der Zusammensetzung, die in der petrographischen Terminologie verschwinden, können große Unterschiede der Formen bewirken. So sind die Formen des Sandsteins nach seinem Tongehalt ganz verschieden.

1) Dieser Unterschied wird immer noch nicht genügend gewürdigt; vgl. meine Sächsische Schweiz und G. Z. 1903 S. 610ff.

Im Odenwald gibt es einen widerständigen Granit, der im allgemeinen Aufragungen bildet, und einen weniger widerständigen, der zu Einsenkungen neigt. Wahrscheinlich wird die Petrographie auch solche Unterschiede auffassen und zum Ausdruck bringen können, wenn sie, mehr als bisher, an die Auffassung der Oberflächenformen anknüpft. Geringeren morphologischen Wert haben die allgemeineren Gesteinsklassen, weil die wichtigsten genetischen Unterschiede und die Unterschiede der morphologisch wichtigen Eigenschaften nicht Hand in Hand gehen; wie verschieden verhalten sich doch Ton und Sandstein, die im System dicht bei einander stehen!

Neben der petrographischen Beschaffenheit kommt es, immer im gleichen Klima, auch auf die Lagerungsverhältnisse, die Neigung der Schichten usw. an, weil je nachdem die umbildenden Kräfte verschiedenen Zugang haben. Der Morpholog, der in der Natur beobachtet, wird diese Unterschiede bald auffassen lernen, wenn er erst seinen Blick dafür geschärft hat, wenn er durch die Schule der Geologie hindurchgegangen ist. Ohne solche Beobachtung wird die Forschung unsolid.

5. Die Abhängigkeit der Kleinformen vom Klima.

Der Abhängigkeit der Oberflächenformen vom Klima ist man sich erst spät bewußt geworden. Wenngleich auch in den Kulturländern Mittel- und West-Europas Klimaunterschiede vorhanden sind, die auch auf die Formen einen gewissen Einfluß üben müssen, so sind sie doch meist nicht groß genug, um unmittelbar die Aufmerksamkeit auf sich zu lenken. Den größten Unterschied unserer Gegenden, nämlich den Unterschied des Höhenklimas, hat man in seiner morphologischen Bedeutung lange ganz übersehen, weil man die Besonderheit der Hochgebirgsformen lediglich auf die Höhenunterschiede und die dadurch bewirkten großen Neigungswinkel zurückführte.

Für die Auffassung der klimatischen Bedingtheit der Oberflächenformen sind die Untersuchungen im Wüstenklima bahnbrechend gewesen. *Richthofen* hatte zwar die Bedeutung des Windes im Trokkenklima erkannt, aber da er nicht in der Wüste selbst, sondern in deren Nachbargebieten reiste, hauptsächlich für die Staubabsätze gewürdigt. Die Oberflächenformen der Wüste als solche hat, auf Anregungen *Schweinfurths* fußend, *Johannes Walther* zuerst eingehend studiert, und bald sind ihm eine Reihe anderer gefolgt; auch *Wal-*

ther selbst hat seine Untersuchungen auf andere Wüsten ausgedehnt und in der ägyptischen Wüste nachgeprüft.[1]) Wir verdanken diesen Untersuchungen die große, nun auch auf andere Klimagebiete anzuwendende Erkenntnis, daß mit dem Klima der Formenschatz vollkommen wechselt, daß jedes Klima einen besonderen Formenschatz hat, daß sich, anders ausgedrückt, die klimatische Eigenheit der Wüste und eines Landes überhaupt, ebenso wie in der Bewässerung und Vegetation und dem Menschenleben, so auch in der Gestaltung der Erdoberfläche und zunächst in den Kleinformen kundgibt. Aber dabei ist wohl eine Klippe der Erkenntnis nicht ganz vermieden worden. Wenn man sah, daß gewisse Formen in der Wüste auftreten, faßte man sie zu schnell als spezifische Wüstenformen auf und sprach dann dieselben oder ähnliche Formen in anderen Erdstrichen mit Unrecht ohne weiteres als die Erzeugnisse eines früheren Wüstenklimas an. Eine scharfe Zergliederung des Bildungsvorganges zeigt, daß seine Bedingungen durch eine Art von Konvergenz auch in anderen Klimaten erfüllt sein können, wenn nämlich das Gestein sehr durchlässig ist, so daß das Regenwasser nicht spült, und wenn es dabei weniger der chemischen Zersetzung als dem mechanischen Zerfalle ausgesetzt ist. Ähnlich wie in der Pflanzenwelt können lithologische Fazies und Klimatypus einander bis zu einem gewissen Grade vertreten.

Nachdem durch die Untersuchung der Wüstenformen die Bahn gebrochen war, hat man auch in anderen Klimagebieten und dann auch, mehr als vorher, in unserem Klima der gemäßigten Zone die Besonderheiten der Bildungsvorgänge und des Formenschatzes untersucht — ich hebe die Untersuchungen *Passarges* für die halbfeuchten Wüstensteppen und *Sappers* für die feuchten Tropenländer hervor und weise auch auf die neueren Untersuchungen im Polarklima hin —; aber im ganzen stecken diese Untersuchungen noch in den Anfängen, weil immerhin nur wenige morphologisch gebildete Männer Gelegenheit zu solcher Untersuchung gehabt haben. Aber daß hier der Betätigung der Geographen ein weites Feld offen liegt, ist zweifellos. Als ich gerade noch vor dem Kriege Indien durchreiste, sah ich die wundervollsten Inselberglandschaften; aber hier, wo sie und ihre ganz eigentümlichen Kleinformen, die großenteils auf Ab-

1) Eine Zusammenfassung seiner Ansichten bietet: Das Gesetz der Wüstenbildung. 2. Aufl. Jena 1913.

schuppung beruhen, oft unmittelbar an der Bahn gelegen, so viel bequemer zu untersuchen wären als in Afrika, wo deutsche Forscher sie entdeckt haben, hat kein Mensch sie untersucht; den anglo-indischen Geologen ist offenbar jedes Verständnis des Problemes abgegangen — leider werden für uns wissenschaftliche Reisen dort in absehbarer Zeit kaum möglich sein. Man kann die klimatisch-morphologische Untersuchung mit der Untersuchung der Bodenarten und der Vegetation in verschiedenen Klimaten vergleichen, die ja auch erst seit wenigen Jahrzehnten in wissenschaftlicher Form eingesetzt hat. Aber wie sie heute schon große Fortschritte gemacht hat und die Verhältnisse wenigstens in den Umrissen fest stehen, so wird in einiger Zeit auch die Physiognomie und Physiologie der Oberflächenformen in verschiedenen Klimaten ein gesichertes Ergebnis der Wissenschaft sein.

Gerade hier stellt sich die Notwendigkeit geographischer Auffassung und ihre Gleichberechtigung mit der geologischen heraus. Insofern die Oberflächenformen Funktionen der Gesteine und ihrer Lagerungsverhältnisse sind, hat natürlich der Geolog, der in den Gesteinen lebt und webt, einen Vorsprung vor dem Geographen, für den die Kenntnis der Gesteine nur eine Hilfskenntnis ist. Bei der Auffassung der Abhängigkeit vom Klima verhält es sich umgekehrt. Es ist dem Geographen vertraut, aber nicht dem Geologen. Es genügt nicht, einige Zahlen über die Mitteltemperatur oder die Größe der Temperaturschwankungen oder die Regenmenge zusammenzuraffen, sondern man muß den ganzen Charakter des Klimas im Zusammensein und Zusammenwirken von Wärme und Niederschlägen und überhaupt aller klimatischen Faktoren auffassen und muß damit sofort auch den Einfluß der Pflanzendecke und, wenn auch in geringem Maße, der Tierwelt verbinden, deren Eigenart doch in ganz bestimmter Weise mit dem Klima zusammenhängt. Klimatologische Bildung ist für das Studium der Oberflächenformen ebenso notwendig wie petrographische.

Eine wichtige und umstrittene Frage ist es, ob und inwieweit wir bei der Erklärung von Kleinformen mit einem anderen Klima der Vergangenheit rechnen dürfen und müssen. Für die Großformen besteht darüber kein Zweifel: Täler und Abtragungsflächen reichen in die Tertiärzeit oder noch weiter zurück, nicht nur der Boden ganz Nord-Deutschlands stammt aus der Eiszeit, sondern auch die Täler der Alpen sind zweifellos glazial umgebildet; auch eine Step-

penzeit scheint ihre Gebilde hinterlassen zu haben. Aber die Kleinformen sind im allgemeinen Gebilde von geringerer Lebensdauer, und die letzten Jahrtausende haben im wesentlichen doch wohl dasselbe Klima wie heute gehabt; größere Klimaänderungen liegen beträchtliche Zeit zurück. Darum sind hier eher Zweifel möglich, die Meinungen gehen in der Tat auseinander, und zwar bezieht sich der Meinungsstreit, wenigstens vorläufig, hauptsächlich auf die Kleinformen in unserem Waldklima der gemäßigten Zone.

Daß manche Kleinformen der mitteleuropäischen Landschaft aus einem früheren Klima stammen, unterliegt keinem Zweifel. Die geschliffenen und geschrammten Felsen der Alpen und auch des norddeutschen Tieflandes, die Moränen, die eigentümlichen Sölle im Geschiebelehm u. a. sind sicher von der letzten, aber nur von der letzten, nicht von den älteren Vergletscherungen zurückgeblieben. Auch manche Schuttbildungen und Felsenmeere sind, wie *Passarge* am Zobten gezeigt hat, wahrscheinlich periglazialen Ursprunges, d. h. während der letzten Eiszeit in dem rauhen und schneereichen Klima gebildet worden, das damals am Rande des großen Inlandeises herrschte. Die Dünen und Flugsandbildungen der oberrheinischen Tiefebene, der Dresdner Heide und anderer Gegenden setzen wohl trockeneres Klima und Waldlosigkeit voraus und stammen aus einer Steppenzeit, die uns auch den Löß hinterlassen hat; vielleicht sind auch die Bedingungen für Felsenbildung damals besonders günstig gewesen, und manche Felsen mögen aus jener Zeit erhalten sein.

Aber wenn die Erhaltung von Kleinformen aus einer jüngeren geologischen Vergangenheit wahrscheinlich ist — um eine ältere Vergangenheit kann es sich dabei wohl nicht handeln —, so ist damit keineswegs gesagt, daß alle oder auch nur die meisten Kleinformen der heutigen Landschaft aus der geologischen Vergangenheit stammen, und daß heute die formenbildenden Vorgänge ruhen, wie *Passarge* und andere mit ihm meinen. Die negativen geschichtlichen Beweise, die sie anführen, stehen doch auf sehr schwachen Füßen; im Gegenteil giebt es in Chroniken usw. recht viele Berichte über die Neubildung von Formen, und an menschlichen Bauwerken kann man die Umbildung durch Naturvorgänge unmittelbar beobachten. Auch in geschichtlicher Zeit waren unsere Gebirge Jahrzehnte lang entwaldet und das Gestein dem Wind und Wetter schutzlos preisgegeben. Die Winter der Gegenwart sind weniger

streng als die der Eiszeit, aber streng genug, um eine recht beträchtliche Frostverwitterung hervorzurufen, und andrerseits ist der Sommer warm und feucht genug, um auf geeignetem Gestein chemische Zersetzung zu begünstigen. Die Kriechbewegung der gemäßigten Zone ist wohl schwächer als das Erdfließen der Polarzone; aber daß sie zusammen mit Ausspülung des Bodens ein beträchtliches Ausmaß der Bodenversetzung bewirkt, kann nach den sorgfältigen, in Waldgebieten angestellten Untersuchungen *Götzingers*, *Schmitthenners* u. a. nicht bezweifelt werden. Die Bodenkunde erklärt die Bodenbildung der Gegenwart aus den klimatischen Bedingungen der Gegenwart; da nun die Entstehung von Kleinformen immer mit der Bodenbildung Hand in Hand geht, kann man sie für die Gegenwart nicht leugnen. Wenn man das namentlich bei auffallenden Formen, wie etwa bei denen des sächsischen und schlesischen Quadersandsteins oder des Buntsandsteins in der Pfalz, so oft tut und sie auf ein ehemaliges Wüstenklima zurückführen zu müssen glaubt, so trägt man der Gesteinsbeschaffenheit zu wenig Rechnung und vergißt, daß ein bestimmtes Klima und eine bestimmte Gesteinsbeschaffenheit einander vertreten können, daß beispielsweise ein durchlässiges Gestein trocken ist wie das Gestein in der Wüste. Es ist ein Widerspruch, wenn *Walther*, der nach dem von ihm als „ontologische Methode" bezeichneten Grundsatz für die Wüste kein feuchteres Klima gelten lassen will, für Deutschland noch in junger Vergangenheit ohne weiteres ein Wüstenklima annimmt.

Man muß sich auch davor hüten, aus der Ineinanderschaltung verschiedener Formen sofort auf Änderung der allgemeinen Bedingungen zu schließen. Im algerischen Tellatlas und ähnlich in den Apenninen und in der Krim sieht man glatte Berghänge durch Regenschluchten zerrissen, und man könnte daraus folgern wollen, daß jene einer älteren, diese einer jüngeren Bildungszeit angehören. Selbstverständlich sind die Schluchten an den einzelnen Stellen jünger als die glatten Hänge, in die sie eingefressen sind; aber wenn man darum allgemein eine jüngere Zeit der Schluchtenbildung einer älteren der glatten Hangbildung gegenüberstellt, so rechnet man zu wenig mit den unperiodischen Wetteränderungen. Ein durch Abspülung und Kriechen sanft abgedachter Hang kann nach einem heftigen Regenguß von Runsen und Tobeln zerrissen werden, um dann allmählich auszuheilen und wieder die alte Form einer sanften Abdachung anzunehmen. Im Laufe der Erosion verschieben sich

auch die Talrinnen, wodurch an einer Stelle, an die sich der Fluß herandrängt, Schluchtenbildung eingeleitet werden kann, während sie an einer anderen, von der der Fluß abrückt, zum Absterben kommt. Auf Änderung des Klimas kann man nur dann schließen, wenn alle Veränderungen der Gegend den gleichen Sinn haben, also entweder nur in neuer Runsenbildung oder nur in Ausheilung und Ausglättung bestehen.

So treten uns die Kleinformen des Festlandes in ihrer Abhängigkeit sowohl vom Gestein und seiner Lagerungsweise, also vom Gebirgsbau, wie von Klima und Pflanzendecke als eine ausgesprochen geographische Tatsache entgegen. Gerade in den Kleinformen drückt sich die Physiognomie der Landschaft besonders charakteristisch aus. Aus ihnen kann man Klima und Gestein herauslesen und in den meisten Fällen wenigstens die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Typus der Landschaft erkennen. Das Studium der Kleinformen ist auch eines der wichtigsten Hilfsmittel für die Erkenntnis der Vorgänge, die die Erdoberfläche gestalten. Wenn man auf ihr Studium verzichtet, so erscheint die Landschaft nicht nur allen charakteristischen Schmuckes bar, wie eine Kathedrale mit nackten Wänden ohne bildhauerische Ausführung, sondern das wissenschaftliche Bild der Landschaft kommt überhaupt nicht heraus, weil man einen Teil der Vorgänge, die an der Formung der Landschaft beteiligt sind, nicht erkennt und bei Seite läßt.

II. Die Entstehung der Täler.

1. Die Erosionsnatur der Täler.

Das zweite Problem, an dem die morphologische Forschung eingesetzt hat, an dem sie zu ihrer heutigen Auffassung emporgestiegen, das lange Zeit ihr zentrales Problem gewesen ist, ist die Entstehung der Täler. Zwei Anschauungen haben mit einander gerungen. Im 18. Jahrhundert herrschte bei den Neptunisten eine allerdings sehr rohe Erosionstheorie, die mit großen Fluten arbeitete; dagegen gewann im 19. Jahrhundert im allgemeinen die Theorie der Plutonisten die Oberhand, nach der die Täler als klaffende Spalten bei der Hebung der Gebirge entstanden und nur im einzelnen durch das Wasser und die Kräfte der Verwitterung und Abtragung umgebildet worden sind. *Lyell* verwarf zwar die Spaltentheorie, nahm

aber nicht den Gedanken von *Hutton* und *Playfair* auf, die die Täler für Gebilde des fließenden Wassers erklärt hatten, sondern sah in ihnen Meeresbildungen. Nur allmählich brach sich in England (*Greenwood* 1857, *Beete Jukes* 1862) die Anschauung Bahn, daß die Täler von den Flüssen selbst, die an ihrem Grunde fließen, in einer Jahrtausende hindurch fortgesetzten Tätigkeit ausgewaschen seien. Aber es dauerte eine Reihe von Jahren, bis diese Anschauung auch auf dem Kontinent Boden gewann. Noch 1867 trat *Peschel* in einem glänzend geschriebenen Aufsatze, der seinen neuen Problemen der vergleichenden Erdkunde einverleibt wurde, für die Spaltennatur der Täler ein. Aber es war ein Rückzugsgefecht, das den Sieg der anderen Anschauung nicht aufzuhalten vermochte. Um dieselbe Zeit (1869) hatte *Rütimeyer* in seinem Buch über Tal- und Seebildung die Erosionstheorie auch bei uns eingeführt und ihren Sieg begründet.

Der erste Grund für die Spalten- und gegen die Erosionstheorie ist offenbar das anscheinende Mißverhältnis zwischen der Größe der Täler und der Größe der in ihnen fließenden Flüsse; diese scheinen nicht im Stande zu sein, so große Hohlformen zu schaffen. Aber dieser Grund rechnet nicht mit der Zeit. Der Tropfen höhlt den Stein. Ein Fluß mit seiner lebendigen Kraft muß arbeiten und sein Bett einnagen; wenn wir ihm nur genügend lange Zeit gönnen, so wird er auch im Stande sein, ein Tal einzugraben. Und ein Fluß im Naturzustande, mit ungebändigten Überschwemmungen, gräbt und räumt zweifellos mehr als ein Fluß, der unter der meisternden Hand des Menschen steht. Er selbst braucht ja nur die Arbeit im Flußbett zu leisten; die Abschrägung der Hänge und damit die Verbreiterung der Täler im oberen Teil ist Sache der Verwitterung und Denudation durch das spülende Wasser und allerlei andere Bewegungsvorgänge.

Oft sieht man die Täler tatsächlich an tektonische Linien: Mulden, Verwerfungen, Gesteinsklüfte, gebunden. Diese Beobachtung glaubte man verallgemeinern und klaffende Spalten auch da annehmen zu dürfen, wo man solche nicht durch Beobachtung feststellen konnte. Klaffende Spalten etwa von der Art, wie sie sich beim Austrocknen einer Lehmfläche bilden, würden ja auch schwer zu beobachten sein. Es läßt sich nicht leugnen, daß gerade die eingehende Untersuchung in vielen Fällen das Vorhandensein von Spalten oder tektonischen Linien als Ursache der Talrichtung wahr-

scheinlich macht, wo man zunächst gar nicht daran gedacht hatte. Darum scheinen jetzt manche Geologen, wie namentlich *Deecke*, von der Erosionstheorie zur Spaltentheorie zurückkehren zu wollen; aber sie unterliegen dabei einem Trugschlusse. Wenn eine Verwerfung oder eine andere tektonische Linie mit der Talrichtung zusammenfällt, so beweist das wohl oder spricht wenigstens dafür, daß sie dem Gewässer die Bahn gewiesen habe. Aber es ist durchaus nicht gesagt, daß es eine klaffende Spalte war, die der Fluß ohne weiteres benutzen konnte; oder wenn es eine solche war, so kann sie nicht tief herabgereicht haben, denn das heutige Tal mit seinen Windungen läßt nichts davon erkennen, sondern muß vom Flusse eingegraben sein. Im Elbsandsteingebirge sind die kleineren Schluchten an die Gesteinsklüfte gebunden, die gewundenen Täler unabhängig davon.

Eine besondere Stütze gewährten der Spaltentheorie die Durchbruchstäler, in denen der aus niedrigerem Lande kommende Fluß ein Gebirge oder eine Gebirgskette durchbricht. Hier liegt allerdings zunächst eine Schwierigkeit für die Erosionstheorie vor, die namentlich für *Peschel* bestimmend war, sich von ihr abzuwenden; aber wir werden in einem späteren Aufsatze sehen, daß sie es verstanden hat, sich sogar auf verschiedene Weise mit dieser Schwierigkeit abzufinden.

Die Verteidiger der Erosionsnatur der Täler werden sich zunächst darauf stützen, daß bei den meisten Tälern jedes Anzeichen einer Verwerfung oder überhaupt einer tektonischen Linie fehlt, daß die Spalten also meist keine beobachteten Tatsachen, sondern lediglich hypothetische Konstruktionen sind. Dagegen können sie die höhlende Kraft des fließenden Wassers als eine Beobachtungstatsache in Anspruch nehmen. Nach jedem Gewittergusse sehen wir das abfließende Wasser Rinnen eingraben. In junge vulkanische Aufschüttungen sind oft nach wenigen Jahren wirkliche Täler eingeschnitten. Wenn das Wasser hier solche Arbeit leisten kann, warum sollte es in anderen Gesteinen nicht auch dazu im Stande sein? Die Arbeit ist wegen der größeren Härte des Gesteines vielleicht langsamer, aber im Laufe der Zeit wird sie auch geleistet; die Erfahrungen der Erdgeschichte drängen uns doch überhaupt dazu, mit großen Zeiträumen zu rechnen! Manche Talformen weisen deutlich auf Wasserwirkung hin. Beim Anblicke der Alpenklammen kann man kaum zweifeln, daß sie vom Wasser selbst eingesägt worden

sind. Auch die Windungen der Täler, je nach der Größe der Flüsse mehr oder weniger groß, mit dem auffallenden Gegensatze der Prallhänge auf ihrer äußeren und der Gleithänge auf ihrer inneren Seite, lassen sich nicht anders erklären. Bei klaffenden Spalten könnte ein großer Fluß eine enge Spalte, ein kleiner Fluß eine weite Spalte benutzen; tatsächlich aber sehen wir, daß in einer Gegend von übereinstimmendem Bau und gleichem Klima der große Fluß immer ein großes Tal, der kleine Fluß ein kleines Tal hat, daß also die Größe des Tales der Größe und Arbeitskraft des Flusses entspricht. Große Flüsse haben meist eine flach geneigte Talsohle, während kleine Flüsse noch mit großem Gefälle fließen. Klaffende Spalten, die auf einander stoßen, würden wahrscheinlich verschieden tief geöffnet sein; die in Wirklichkeit meist gleiche Höhe der Talsohlen, auf die schon *Heim* (1791) und etwas später *Playfair* als eine besonders bemerkenswerte Erscheinung hingewiesen haben, läßt sich ohne weiteres nur durch die Erosion erklären. Auch ein dem Zweifler einleuchtender Beweis ist aber das häufige Vorkommen hoch gelegener alter Talböden, die von Flußschottern bedeckt sind; die Vorstellung, daß der Fluß in der Höhe geflossen sei und daß sich dann unter ihm plötzlich eine Spalte geöffnet habe, ist doch gar zu unwahrscheinlich.

So liegt wohl eine überwältigende Fülle von Beweisen für die Erosionsnatur der Täler vor: sie sind als Hohlformen durch die Flüsse selbst geschaffen worden. Damit soll nicht gesagt sein, daß sie jeder Beziehung zum inneren Bau und insbesondere zu tektonischen Linien entbehrten, wie man eine Zeit lang wohl gemeint hat; in vielen Fällen scheint ihre Anlage durch tektonische Linien bestimmt worden zu sein. Aber eben nur ihre Anlage, nicht ihre Eintiefung: den Flüssen ist die Richtung gewiesen worden, ihre Täler aber haben sie sich in der angewiesenen Bahn selbst eingegraben.

Dürfen wir somit das Gesetz formulieren: die Täler sind die Werke der in ihnen fließenden Flüsse? Es kommt darauf an, wie wir das Wort Tal gebrauchen, den Begriff definieren wollen. Wenn wir darunter, wie es im täglichen Leben oft geschieht, jede länglich gestreckte Hohlform in der Landschaft verstehen, also etwa Gebilde wie die oberrheinische Tiefebene oder die Grabenspalte des Ghor als Tal bezeichnen wollen, so ist das Gesetz zweifellos falsch; denn beide sind tektonisch entstandene Gräben, die von den Flüssen nur benützt werden. Aber sie unterscheiden sich auch in ihrer Größe

und ihrer Form sehr von den gewöhnlichen Tälern. Diese haben neben der länglichen Form andere gemeinsame Eigenschaften, wie namentlich die gleichsinnige Neigung der Sohle. Wir haben die Wahl der Begriffsbestimmung; denn die Wissenschaft hat immer das Recht und die Pflicht, die aus dem Leben übernommenen Begriffe bestimmter zu fassen: wir können das Wort Tal in weiterem oder in engerem Sinne gebrauchen. Ich glaube, daß nur der Gebrauch des Wortes im engeren Sinne es wissenschaftlich überhaupt verwendungsfähig macht; denn wie wenig können wir von eigentlichen Tälern und von Gräben oder langgestreckten Mulden gemeinsam aussagen? Täler in diesem engeren Sinne sind aber Werke des fließenden Wassers, und bei der Sicherheit dieser Erkenntnis ist es nun wohl erlaubt, diese Entstehung in die Begriffsbestimmung aufzunehmen, die beschreibende Definition in eine genetische Definition umzubilden.

Sobald wir eine beschreibende oder genetische Begriffsbestimmung gewonnen haben, haben wir auf die Erscheinungen der Natur Subsumtionsurteile anzuwenden, d. h. wir haben zu entscheiden, ob sie unter den Begriff fallen oder nicht; im ersteren Falle können wir die in der Begriffsbestimmung enthaltenen Eigenschaften auf sie übertragen. In den meisten Erdgegenden finden wir echte Täler in unendlich großer Zahl; aber manchmal ist die Subsumtion zweifelhaft. Das Yosemitetal hat man lange für einen Graben gehalten und erst später als ein Glazialtal erkannt. Für das ägyptische Niltal steht es noch nicht mit Sicherheit fest, ob es ein breites Tal oder ein Graben ist. Von Regenrissen, die in einen Talhang eingeschnitten sind und denen niemand die Bezeichnung Tal beilegen wird, gibt es viele Übergänge zu wirklichen Tälern, und die Unterscheidung ist oft schwierig oder willkürlich. Die flachen Dellen, die häufig in Hochflächen eingesenkt sind, werden oft als Täler bezeichnet und gehen auch in solche über; aber abgesehen von ihrer Flachheit unterscheidet sie auch das Fehlen eines Talbodens. Viele Täler in den Alpen und in anderen Hochgebirgen lassen deutlich erkennen, daß sie wesentliche Formeigenschaften nicht dem fließenden Wasser und der an den Hängen einsetzenden Verwitterung und Denudation, sondern dem Gletscher verdanken, und in Wüsten sehen wir den Boden mancher Täler wasserlos und vom Winde umgebildet; es sind Täler, aber umgebildete, man kann sagen unechte Täler.

Am Eingange dieses Kapitels habe ich auf die allgemeine Bedeutung der Entscheidung zwischen Spaltentheorie und Erosionstheorie hingewiesen. Der Sieg der Spaltentheorie und damit die Verneinung größerer Wirkung des fließenden Wassers hätte bedeutet, daß die feste Erdoberfläche überhaupt durch Kräfte des Erdinneren bestimmt wäre und die oberflächlichen Kräfte sie nur im kleinen und einzelnen umbildeten; die Morphologie ginge mehr oder weniger in der Tektonik auf. Der Sieg der Erosionstheorie bedeutet zunächst nur die Entstehung der Täler durch die an der Oberfläche wirkende Kraft des fließenden Wassers; aber von hier ist es nur ein Schritt weiter zu dem Gedanken, daß die Erdoberfläche auch sonst durch oberflächlich wirkende Kräfte stark umgebildet worden sei. Die Forschung empfängt einen starken Antrieb in diesem Sinne, und wir werden sehen, daß sie diesem Antriebe gefolgt ist und in der Tat immer mehr die Größe der Umbildung durch oberflächliche Kräfte erkannt hat. Mit dem Siege der Erosionstheorie ist die Morphologie eine selbständige Disziplin geworden.

2. Die Theorie der Erosion.

Bis hierher ist die Untersuchung der Täler im wesentlichen induktiv und zwar, da das Experiment dabei kaum in Betracht kommt, auf die Vergleichung der beobachteten Tatsachen begründet. Damit soll allerdings nicht gesagt sein, daß sie der deduktiven Gedanken ganz entbehrte, was auch bei der vollendetsten Induktion kaum je der Fall ist. Wenn man einmal auf den Gedanken gekommen ist, daß die Täler das Werk des fließenden Wassers seien, werden Vorstellungen über dessen Arbeitsweise immer zu Hilfe genommen werden; aber sie bleiben im Hintergrunde, dienen eben nur zur Hilfe, und man kann wohl sagen, daß sich diese Vorstellungen nur langsam entwickelt haben, und daß sie sich ohne den Zwang der induktiven Erkenntnis nie entwickelt hätten. Der Widerspruch zwischen der Größe des Werkes und der anscheinenden Kleinheit der Kraft, der ja nur durch die Länge der zur Arbeit verwandten Zeit aufgehoben wird, erschien den älteren Forschern und erscheint dem naiven Menschen auch heute viel zu groß, als daß er auf den Gedanken gekommen wäre, aus dem Anblicke des Flusses so große Arbeitsleistungen abzuleiten. Aber gerade der scheinbare Widerspruch hat es dann um so nötiger gemacht, den Vor-

gang genau zu studieren und sich ihn in allen Einzelheiten zu vergegenwärtigen.

Den Ausgangspunkt dieser Deduktion hatte natürlich die Lehre der Hydrodynamik, d. h. die Lehre von den Bewegungen des fließenden Wassers und auch von seinen Transportleistungen, zu bilden. Aber die Brücke war nicht so leicht zu schlagen und ist vielleicht noch nicht ganz geschlagen. Der Hydrodynamiker, d. h. der Wasserbautechniker, bleibt meist bei der Bewegung der Flüsse, wie sie heute sind, und der Gestaltung ihrer Flußbetten stehen und hat kein Interesse daran, die einer langen geologischen Entwickelung angehörige Entstehung der Täler zu untersuchen; umgekehrt sind dem Geographen und dem Geologen, denen es auf diese ankommt, die Gesetze der Bewegung und Arbeit nicht immer genügend vertraut. Die erste umfassende Theorie der Erosion hat wohl der amerikanische Kordillerenforscher *Gilbert* gegeben. *Richthofen*, *Philippson*, *ich*, *Noë* und *Margerie*, *Penck* u. a. haben sie weiter ausgebildet und systematisch dargestellt.[1]) Auffallend wenig haben sich *Davis* und seine Schüler, deren ganze Deduktion doch von der Erosion des fließenden Wassers ausgeht, um deren Theorie bemüht; sie rechnen mit der Erosion als mit einer bekannten, nicht weiter zu untersuchenden Tatsache. Auch in die Geologie hat die Theorie der Erosion noch wenig Eingang gefunden: man weiß, daß die Flüsse einschneiden, macht sich aber die Art des Einschneidens und die Grenze der Erosionsarbeit oft nicht genügend klar und kommt dadurch manchmal zu ganz falschen Vorstellungen und Schlußfolgerungen, die bei einem Durchdenken der Theorie leicht vermieden werden könnten.

Auch heute enthält die Theorie noch eine Anzahl Sätze von zweifelhafter Wahrheit, über die die Meinungen aus einander gehen und vor deren dogmatischer Anwendung man sich hüten muß. Sie muß mehr als bisher an jedem einzelnen Punkte mit der Wirklichkeit verglichen, durch induktive Betrachtung geprüft werden. Es ist bedauerlich, daß die meisten jüngeren Morphologen sich dieser Arbeit solider Grundlegung viel zu wenig widmen. Außer der Beobachtung in der Natur wird wohl auch das Experiment mehr als bisher zur Prüfung der deduktiv gewonnenen Sätze dienen können. In den

1) *A. Hettner*, Die Arbeit des fließenden Wassers. G. Z. 1910. — *A. Philippson*, Die Erosion des fließenden Wassers. Geogr. Bausteine Heft 7. Gotha 1914.

Wasserbaulaboratorien spielt es ja schon eine große Rolle, und von da aus wird es sich auch auf die eigentlich morphologischen Probleme übertragen lassen.

Die deduktive Theorie der Erosion hat die Talbildung aus den Gesetzen der Bewegung des fließenden Wassers zu erklären; aber, muß man sofort hinzusetzen, nur die Talbildung, soweit sie das Werk der Erosion im engeren Sinne, d. h. des Einschneidens des fließenden Wassers, ist; denn die Gestaltung der Hänge und damit die Verbreiterung der Täler in der Höhe ist nicht das Werk des Einschneidens des fließenden Wassers, sondern der Verwitterung und der Vorgänge der Bodenbewegung und muß daher für sich untersucht werden. Wir brauchen hier nur mit der Tatsache zu rechnen, daß die Erosion selten für sich allein bleibt, sondern gewöhnlich die Vorgänge der Verwitterung und Bodenbewegung auslöst, daß daher auch die Formen, die sie erzeugt, nur ausnahmsweise Wirklichkeit werden, sondern sich meist sofort in Formen umwandeln, die das gemeinsame Werk der Erosion und der Verwitterung und Denudation sind.

Die erste Frage ist die nach der erodierenden Kraft. Selbst sie ist noch nicht mit Sicherheit beantwortet, vielmehr bestehen in verschiedener Beziehung Zweifel. Im allgemeinen geht die Theorie der Erosion von der lebendigen Kraft des gleichmäßig fließenden Wassers aus, während *Brunhes* den Wirbelbewegungen, der *Erosion tourbillonnaire*, die stellenweise sicher vorhanden ist, überhaupt eine große Rolle zuweist. Die Erosionskraft eines Flusses wechselt zeitlich mit der Wasserführung; für die Gesamtwirkung scheint hauptsächlich die Wasserführung zur Zeit des Hochwassers maßgebend zu sein; aber einen Einfluß muß wohl auch die Wasserführung des übrigen Jahres haben, und Untersuchungen darüber wären von geographischer Bedeutung, weil ja der jährliche Gang der Wasserführung in verschiedenen Klimaten und bei verschiedenem Gestein ganz verschieden ist. Eine schwierige und theoretisch wichtige Frage ist es, ob das Wasser sein Bett auch durch seine eigene Bewegung oder nur mittels der an seinem Grunde mitgeführten Gerölle bearbeitet und umgestaltet; die starke Erosion am Niagarafall wenig unterhalb des Austrittes des Flusses aus dem Eriesee oder des Rheins am Rheinfall von Schaffhausen wenig unterhalb des Bodensees spricht gegen die ausschließliche Wirkung der Gerölle.

Es ist natürlich nur eine laienhafte Vorstellung, die aber auch

in wissenschaftlichen Arbeiten manchmal durchklingt, daß der Fluß wie ein Widderkopf gegen eine Gebirgskette anstoße, um sie zu durchbrechen; er schneidet vielmehr von der Oberfläche in die Tiefe. Aber darüber, wo die Erosion einsetzt, macht man sich verschiedene Vorstellungen. Gewöhnlich wird die Lehre vorgetragen, daß die Erosion am unteren Ende einsetze und von da allmählich aufwärts schreite, daß sie hier also mittelbar sei. Diese Auffassung geht wohl von der Beobachtung der Erosion an Wasserfällen aus, namentlich vom Rückschreiten der Niagarafälle, das von *Lyell* untersucht worden war. Sie ist für Tafel- und Plateaulandschaften richtig. Hier sehen wir die Flüsse mit trägem Laufe in ganz flachen Tälern hinschleichen, um dann plötzlich zu starker Erosion überzugehen und in ein tiefes Tal hinabzustürzen; manchmal können wir in diesem alte hochgelegene Talböden erkennen, in denen der ehemalige Plateaulauf erhalten ist. Aber in Gebirgen mit starker Neigung der ursprünglichen Oberfläche liegt kein Grund vor, warum die Erosion nicht auf der ganzen Abdachung gleichzeitig und unmittelbar einsetzen sollte; der Fluß muß doch überall erodieren, wo die Neigung der Oberfläche größer ist als sein Gleichgewichtsprofil, bei dem er gemäß seiner Wassermasse im Stande ist, den vom Boden weggetragenen oder von der Seite gelieferten Schutt weiter zu führen. Auf Grund dieses Unterschiedes habe ich zwei Typen des Ganges der Erosion unterschieden, die man als unmittelbare und als mittelbare Erosion bezeichnen kann.[1])

Das fließende Wasser nagt sowohl am Boden wie an den Seitenwänden des Flußbettes, und der Fluß kann daher sowohl nach der Tiefe wie nach der Seite einschneiden, d. h. sein Bett immer tiefer eingraben und zugleich nach der Seite verlegen. Man findet oft die Meinung vorgetragen, ja es ist wohl die herrschende Meinung, daß diese beiden Vorgänge auf einander folgen, daß also der Fluß zunächst nur in die Tiefe erodiere, und daß die seitliche Erosion erst einsetze, wenn die Tiefenerosion zum Stillstande gekommen sei, wenn sie das Gleichgewichtsprofil hergestellt habe. In dieser Lage wird die seitliche Erosion besonders bemerkbar sein, weil sie im selben Niveau bleibt und eine breite Talaue schafft; aber es ist nicht einzusehen, warum der Fluß nicht auch während des Einschneidens nach der Seite arbeiten solle, oder vielmehr, wie er auf

1) Sächsische Schweiz S. 62.

die seitliche Erosion überhaupt verzichten könne, um zunächst nur Arbeit in die Tiefe zu leisten. Nur bei ganz geradlinigem Laufe fällt die seitliche Erosion aus, weil dann der Stromstrich in der Mitte liegt; wo immer eine Krümmung ist und der Stromstrich an das eine Ufer rückt, nagt der Fluß an der Seitenwand und vergrößert die Krümmung. Diese Arbeit nach der Seite muß sich mit der Arbeit in die Tiefe verbinden, so daß der Fluß sein Bett nicht senkrecht, sondern schräg abwärts einschneidet; der induktive Beweis für die Richtigkeit dieser Vorstellung wird durch den Gegensatz der steilen Prallhänge an der äußeren und der flachen Gleithänge an der inneren Seite der Flußkrümmungen geliefert.

Die Erosion besteht darin, daß der Fluß sein Bett aufreißt und das losgebrochene Gesteinsmaterial zusammen mit dem Schutte, der von der Verwitterung und Denudation geliefert wird und in den Fluß fällt, weiter transportiert. Zwar lagert er in den Zeiten geringerer Wasserführung und an den Innenseiten der Flußkrümmungen, wo sein Lauf träge ist, immer auch ab, und es gibt, wie wir sehen werden, Gegenden, in denen die Ablagerung überhaupt über den Transport überwiegt; aber Erosion kommt nur zu Stande, wo die Transportkraft ausreicht, mehr Schutt wegzutragen, als in den Fluß gelangt. Die Erosionskraft des Flusses hängt daher im wesentlichen von seiner Transportkraft ab, und die Theorie der Erosion ist darum in der Hauptsache auf die Untersuchung der Transportkraft aufgebaut.

Die Theorie darf sich aber nicht mit der allgemeinen Unterscheidung größerer oder geringerer Transportkraft begnügen. Vielmehr muß sie zwischen der Größe der einzelnen transportierten Steine und der Gesamtmasse des transportierten Materials unterscheiden; jene hängt, wie hier nicht näher erörtert zu werden braucht, hauptsächlich vom Gefälle, diese dagegen von der aus Gefälle und Gesamtwassermenge des Flusses zusammengesetzten lebendigen Kraft des ganzen Flusses ab. Große Felsblöcke werden nur in schnell fließenden Gebirgswässern bewegt. Am Boden ruhig fließender großer Ströme bewegt sich nur Sand und Schlamm; aber ihre Gesamtmasse in einem beliebigen Querschnitte ist größer als die Gesamtmasse des von Gebirgsflüssen mitgeführten Gesteinsmaterials. Ein kleiner Gebirgsfluß muß starkes Gefäll haben, um den Schutt transportieren zu können, und stellt die Erosion ein, sobald das Gefäll nicht mehr dazu ausreicht. Ein großer Strom dagegen

kann den Sand und Schlamm weiter führen, weil seine Wassermasse ihm große Transportkraft verleiht. Es macht nichts aus, wenn etwa von den Talhängen her einzelne große Blöcke hereinfallen und liegen bleiben; im Laufe der Zeit werden sie zerrieben und aufgebraucht.

Jeder Fluß schneidet sich so lange ein, bis sein Gefäll, bei gegebener Wasserführung, gerade ausreicht, um den hinein gelangenden Schutt wegzutragen. Zwar hört er auch dann nicht auf, sein Bett anzugreifen und einzuschneiden; aber das Einschneiden hält der Ablagerung gerade das Gleichgewicht, indem Erosion und Ablagerung an der äußeren und der inneren Seite von Flußkrümmungen einander gegenüber liegen und indem sie im Laufe des Jahres mit einander wechseln, so daß in der Zeit geringerer Wasserführung wieder zugeschüttet wird, was bei Hochwasser eingenagt worden war. Daß das Gefäll der Flüsse im umgekehrten Verhältnisse zur Wassermenge steht, tritt uns in der Natur als eine so allgemeine Tatsache entgegen, daß wir für jede Ausnahme nach einer besonderen Erklärung suchen. Daraus geht nicht nur hervor, daß die theoretische Ableitung richtig ist, sondern auch, daß sich die Flußläufe meist ziemlich schnell bis zu einem Zustande annähernden Gleichgewichtes eintiefen. Das geschieht an den verschiedenen Stellen des Flußlaufes je nach dem Gesteinswiderstand und der Schuttzufuhr in verschiedenem Tempo, und der Gleichgewichtszustand wird daher hier früher, dort später erreicht; aber schließlich muß es auf dem ganzen Flußlaufe dazu kommen, obgleich auch träge Flüsse, wie jedem Strombaukundigen und jedem Schiffer bekannt ist, immer noch wechselnde Geschwindigkeit haben, die auf Unebenheiten des Bodens beruhen muß.

Die Theorie des Gleichgewichtsprofiles ist zuerst wohl von *Powell* entwickelt worden, der es als *Base level of erosion* bezeichnete. Sie hat dann eine besonders scharfe Form durch *Philippson* bekommen, der dafür den Namen Erosionsterminante einführte, weil wir den Ausdruck Erosionsbasis in anderem Sinne gebrauchen. Aber die Bezeichnung Gleichgewichtsprofil ist wohl vorzuziehen, weil die Erosion nicht ganz zum Ende kommt, sondern nur sehr verlangsamt wird.

Die Frage nach der Lage und Gestalt des Gleichgewichtsprofiles ist nicht nur für die Auffassung der Talbildung, sondern der Abtragung der Landoberfläche überhaupt von sehr großer Bedeutung

und muß darum noch etwas schärfer ins Auge gefaßt werden. In zwei Punkten bestehen Meinungsverschiedenheiten.

Die einen denken sich das Längsprofil des Flusses zwischen Ursprung und Mündung fest aufgehängt, so daß sich im Laufe der Erosion nur die Form des Profiles, aber nicht der Höhenunterschied ändert. Aber diese ältere Auffassung ist theoretisch unmöglich und läßt uns auch bei der Anwendung auf die Erklärung der Oberflächenformen, z. B. der Einsattelungen in einem Gebirgskamme, im Stich. Die Erosionsbasis, d. h. die Mündung der Flüsse, sei es der Meeresspiegel, sei es ein Binnensee oder eine Ebene, in der der Fluß versickert, und damit das untere Ende des Flußprofiles liegen annähernd fest; der Ursprung der Flüsse dagegen, also das obere Ende des Flußprofiles, liegt nicht fest, sondern kann im Laufe der Zeit, mit der Abflachung des Profiles, tiefer gelegt werden. Seine Höhenlage im Zustande des Gleichgewichtes ergibt sich aus der Form des Gleichgewichtsprofiles zusammen mit der Lage der Erosionsbasis und ist von der gegebenen Landoberfläche unabhängig. Wenn das obere Ende des Gleichgewichtsprofiles tiefer liegt als diese, so kann sich der Fluß rückwärts weiter einschneiden und immer weiteres Land in den Flußlauf einbeziehen; die Betrachtung der Talnetze wird uns zeigen, von wie großer Bedeutung diese rückwärts einschneidende Erosion ist. Liegt dagegen das obere Ende des Gleichgewichtsprofiles über der vorhandenen Oberfläche, was in Tafelländern der Fall sein kann, so bleibt das Land zunächst von der Flußerosion verschont.

Die andere Frage ist, ob das Gleichgewichtsprofil wirklich eine Terminante ist, d. h. ob die Erosion wirklich zu völligem Stillstande kommt. Ich habe bei der Untersuchung der sächsischen Schweiz darauf hingewiesen, daß das nicht der Fall sein könne.[1]) Einerseits kann sich, wie wir eben gesehen haben, das Flußgebiet erweitern und dadurch die Wassermasse vergrößern, andererseits wird bei der fortschreitenden Abtragung der Gehänge die Schuttzufuhr geringer, so daß der Fluß weniger zugeführten Schutt zu bewältigen hat und wieder Kraft frei bekommt, um Schutt von seinem Boden aufzuheben und wegzutragen, also zu erodieren und sein Längsprofil noch mehr abzuflachen. Das ist wohl auch die Auffassung der *Davis*schen Schule. Aber es ist nur eine deduktive Folgerung, die dazu dient, die Ein-

1) Sächsische Schweiz S. 96 f.

ebnung eines Landes zu erklären; eine induktive Untersuchung darüber, die wohl an das Studium der Talböden anknüpfen müßte, fehlt noch. Es ist auch, wie *Deecke* betont, fraglich, ob dieser Erscheinung tatsächliche Bedeutung zukommt, ob ein Land jemals so lange in Ruhe verharrt, daß der Flußlauf noch unter das Gleichgewichtsprofil herab vertieft werden kann.

Wenn der Gleichgewichtszustand erreicht ist, arbeitet der Fluß kaum noch in die Tiefe, sondern nur nach der Seite. Daher muß die Talsohle, die ursprünglich mit dem Flußbette zusammenfällt, allmählich zu einem weiten Talboden, einer Talaue, verbreitert werden. Dabei scheinen die Flußwindungen oder Mäander, wie man sie nach dem kleinasiatischen Flusse gewöhnlich nennt, eine große Rolle zu spielen. Wir dürfen sie nicht mit *Honsell* auf das Bestreben des Flusses zurückführen, seinen Lauf zu verlangsamen; denn dieses Streben, das teleologisch gedacht ist und in exakter Naturforschung kaum Platz hat, müßte sich vorzugsweise bei schnellen Flüssen äußern, während tatsächlich nur langsam fließende, mehr oder weniger im Gleichgewichtszustande befindliche Flüsse Windungen anlegen, reißende Flüsse dagegen solcher entbehren. Die ursprüngliche Bildungsursache scheint Ablenkung durch irgendwelche kleine Hindernisse zu sein; ist aber einmal eine Abweichung vom geraden Laufe entstanden, so wird sie durch stärkere Erosion an der Außenseite der Krümmungen immer weiter ausgezogen, und die erste Windung scheint die Ausbildung weiterer Windungen zur Folge zu haben, so daß der ganze Fluß einen mäandrierenden Lauf bekommt. Die Windungen scheinen auch nicht stationär zu sein, sondern, wie *Davis* bemerkt hat, langsam abwärts zu rücken. Dadurch wird auch der Boden zwischen den Windungen eingeebnet, und es entsteht allmählich ein zusammenhängender breiter Talboden, dessen Breite dem Ausschlage der Windungen entspricht; wenn dieser hinter der Breite des Talbodens zurückbleibt, so weist das wohl auf eine Verkümmerung des Flusses in Folge von Klimawechsel oder von Abzapfung hin. Man wird die Möglichkeit nicht abweisen können, daß sich der Talboden noch über den Ausschlag der Windungen hinaus verbreitert oder verschiebt; aber an die dafür angegebenen Ursachen (Einfluß der Erdrotation, Herabgleiten auf weichen Schichten) kann ich nicht recht glauben.

Da der Fluß auf der Innenseite der Windungen Geröll, Sand und Lehm ablagert und sich die Stätte dieser Ablagerung natürlich mit

den Flußwindungen verschiebt, so wird der ganze Talboden mit einer Decke von Flußablagerungen bedeckt, deren Mächtigkeit aber nicht größer als der Höhenunterschied von Hoch- und Niedrigwasser sein kann; größere Mächtigkeit der Aufschüttung weist wohl auf Verminderung der Transportkraft des Flusses, sei es in Folge einer tektonischen Bewegung oder einer Klimaänderung, hin. Da das Gleichgewichtsprofil bald früher, bald später und erst allmählich im ganzen Flußlaufe erreicht wird, bildet sich zunächst nur streckenweise eine Talsohle aus, und es dauert längere Zeit, bis eine solche den ganzen Flußlauf begleitet.

So ungefähr lautet die Theorie der Mäander und der Bildung der Talsohlen; aber auch sie bedarf einer eindringenderen Nachprüfung durch die Beobachtung, als ihr bisher zu Teil geworden ist; vorher kann sie nicht als gesichert angesehen werden. Z. B. sind neuerdings von *Georg Wagner* Zweifel ausgesprochen worden, ob die Flußwindungen tatsächlich flußabwärts rücken; wenn das nicht der Fall ist, würde ja die Erklärung der Talböden hinfällig.

Von den Flußmäandern verschieden sind die Talmäander, bei denen nicht der Fluß im Talboden mäandriert, sondern das ganze Tal an den Windungen Teil nimmt; sie verleihen vielen Tälern einen besonderen Charakter, der auch für die Ansiedlungen und den Verkehr von der allergrößten Bedeutung ist. Darüber daß ihre Entstehung auf demselben Prinzip wie die der Flußmäander beruht, daß sie eingetiefte Flußmäander sind, kann kaum ein Zweifel bestehen; aber die Frage ist, ob sie erst während des Einschneidens entstanden oder ob sie auf einem flachen Talboden angelegt worden sind und sich während des Einschneidens nur weiter ausgezogen haben. Schon *Ramsay* hat diese Auffassung vertreten, viele haben sie angenommen, und in der *Davis*schen Schule ist sie mehr oder weniger zum Dogma geworden; diese sieht in Talmäandern einen Beweis dafür, daß die Flüsse vorher im Gleichgewichtsprofil geflossen seien und sich jetzt im „zweiten Zyklus" befänden. *Behrmann* meint sogar, daß sich beim Einschneiden eine Rückbildung vollziehe, da die jetzt schneller fließenden Flüsse ihren Lauf wieder gerade zu legen strebten. Die Entscheidung kann nur durch die Beobachtung gewonnen werden, die bisher erst an wenigen Stellen eingesetzt hat: wenn die Windungen erst während des Einschneidens entstanden sind, werden die oberen Ränder der Gleithänge zusammen eine mehr oder weniger gerade Linie bilden; wenn sie dagegen schon vor-

her angelegt waren, müssen jene noch Windungen bilden. Noch wenig untersucht ist auch die zweifellos vorhandene Abhängigkeit der Talwindungen von der Streichrichtung der Schichten und von der Beschaffenheit des Gesteins, auf die für den Muschelkalk *Bach* schon 1853 hingewiesen hat.

Die Ausbildung der Talhänge gehört nicht der Theorie der Erosion an, sondern ist eine Wirkung der Verwitterung und der Bodenbewegung durch Schwere, Bodenwasser, spülendes Wasser und Wind; für sie gilt daher alles, was in dem Aufsatze über die Kleinformen gesagt worden ist. In dem Aufsatze über Alter und Form der Täler wird sie weiter zu besprechen sein.

III. Die Richtung und Anordnung der Täler.

Die Täler bieten sich der Betrachtung unter zwei Gesichtspunkten dar: unter dem ihrer Richtung und Anordnung und der sich daraus ergebenden Talnetze, und unter dem ihrer Form; man kann auch sagen: unter dem Gesichtspunkte des Bauplanes und unter dem Gesichtspunkte des Baustiles. Mit der Form der Täler wollen wir uns in einem folgenden Aufsatze beschäftigen; ihrer Richtung und Anordnung und der sich daraus ergebenden Gestalt der Talnetze sollen jetzt einige Bemerkungen gewidmet werden.

Die erste Frage bezieht sich auf das Verhältnis der Täler zur Richtung der Gebirge, und daran schließt sich die zweite, tiefer dringende Frage nach dem Verhältnis zum inneren Bau, d. h. zur Streich- und Fallrichtung der Schichten und zum Verlaufe der tektonischen Linien, Verwerfungen und Kluftrichtungen. Die beiden Fragen fallen zusammen, wenn die Streichrichtung der Schichten die gleiche wie die der Gebirge ist; sie fallen aber aus einander, wenn die Schichten quer auf die Richtung der Gebirge streichen, also namentlich dann, wenn diese durch große, die Falten abschneidende Bruchlinien bestimmt wird. Seit langem hat man diesen Fragen große Aufmerksamkeit zugewandt, und wenn man eine Zeit lang für die Täler in nicht gefalteten Gebieten völlige Unabhängigkeit von tektonischen Linien annahm, so hat man neuerdings ihre Beziehungen zu Verwerfungen und Kluftlinien wieder mehr in den Vordergrund gerückt. Diese Beziehungen der Täler zur Streichrichtung der Schichten und zu Störungslinien brauche ich hier nicht im einzelnen auseinanderzusetzen; ich muß nur zweierlei betonen, nämlich,

daß diese Feststellung noch nichts über die Entstehung der Täler aussagt, daß wir uns diese vielmehr auf verschiedene Art denken können, und daß sie demnach ein Akt der Beschreibung ist, nur Beobachtungen, keine Hypothesen enthält, daß solche in sie nur mittelbar eintreten, insofern man den inneren Bau, d. h. die Lagerungsverhältnisse der Schichten und die Art und den Verlauf der Dislokationen, nicht unmittelbar beobachtet, sondern, namentlich bei starker Abtragung der Gebirge, aus einzelnen Beobachtungen konstruiert, wofür ich nur an die Konstruktion der Falten und Überschiebungsdecken in den Alpen zu erinnern brauche. Daraus ergibt sich eine sehr wichtige methodische Folgerung: man darf die auf Beobachtung beruhende Feststellung der Beziehungen der Täler zum inneren Bau nicht mit Annahmen über die Entstehung verquicken und beide in einem Ausdrucke zusammenfassen, wie es neuerdings oft, namentlich in der *Davis*schen Terminologie, geschieht, sondern man muß beide reinlich auseinanderhalten.

Nach der Vorstellung, die wir uns vom Wesen der Erosion machen müssen, muß der Fluß anfangs über dem heutigen Tale auf der ursprünglichen Oberfläche und zwar mit gleichsinnigem Gefälle geflossen sein und sich allmählich senkrecht oder schräg abwärts eingegraben haben. Wir können uns also die Entstehung eines Tales durch Erosion nur dann ohne weiteres vorstellen, wenn die ursprüngliche Oberfläche in der Richtung des Tales gleichsinnig geneigt ist; kleinere Unebenheiten mögen vorhanden gewesen sein, über die der Fluß nach vorübergehender Aufstauung hinweggekommen ist, aber größere Unterbrechungen des gleichsinnigen Gefälles bereiten dem Verständnisse Schwierigkeiten. Alle Täler, bei denen die genannte Bedingung erfüllt ist, können wir als tektonisch bestimmte oder abhängige oder als rechtsinnige oder konkordante Täler bezeichnen.[1]) Diese Abhängigkeit vom inneren Bau kann von verschiedener Art sein: sie kann durch die Abdachung einer Fläche oder durch den Verlauf einer Dislokationslinie, sei es einer Mulde oder einer Verwerfung, gegeben sein, und man kann danach vielleicht Abdachungs- und Dislokationstäler unterscheiden; diese stellen sich bei genauerer Untersuchung als häufiger heraus, als man bisher meist angenommen hat. Auch im einzelnen wird sich die Ab-

1) Die von *Powell* eingeführte Bezeichnung „konsequent" entspricht nicht dem eigentlichen Sinne dieses Wortes und sollte darum lieber vermieden werden. *Pencks* Übersetzung „Folgetäler" ist unschön.

hängigkeit bei verschiedenem Bau verschieden äußern; aber diese an sich sehr wichtigen Unterschiede brauchen hier nicht erörtert zu werden.

In der Natur treten uns jedoch auch viele Täler entgegen, bei denen keine Übereinstimmung oder Konkordanz mit dem inneren Bau, sondern ein Widerspruch gegen diesen besteht. Solche Täler können wir widersinnig oder diskordant nennen.

Der Widerspruch des Tales gegen den inneren Bau, also seine Widersinnigkeit oder Diskordanz, ist oft bloß scheinbar; sie besteht nur zur heutigen, nicht zur tektonischen Oberfläche und verschwindet daher bei schärferer Auffassung des Baus.

Auf einen solchen Fall hat *Gümbel* schon 1865 am Beispiele der Altmühl hingewiesen. Diese durchbricht aus niedrigerem Hügellande heraus die schwäbisch-fränkische Alb, die in einer Landstufe daraus aufsteigt. Aber ursprünglich setzte sich die Kalkplatte der Alb sanft ansteigend weiter fort, die Altmühl ist als Abdachungsfluß angelegt worden, und der Widerspruch gegen das Gelände ist erst durch die Abtragung des Landes im Oberlaufe entstanden. Ähnliches gilt nach *Penck* vom Durchbruche der Donau durch die schwäbische Alb.

Oft sehen wir einen Fluß Falten oder doch ihm entgegengeneigte Schichten durchschneiden; aber die Falten und geneigten Schichten gehören einem Rumpfgebirge an, das vielleicht noch von tafelartig liegenden Schichten bedeckt ist. Die tektonische Oberfläche, auf der der Fluß seinen Lauf angelegt hat, hat also nichts mit den Falten und Schichtenneigungen zu tun, sondern wird durch die Neigung der Rumpffläche oder der darüber liegenden Schichtentafel bestimmt, und mit dieser stimmt der Flußlauf überein. Diesen Vorgang haben schon *Ramsay* u. a. für die Rumpflandschaften der britischen Inseln abgeleitet; *Richthofen* hat solche Täler als epigenetisch (*Powell* als *superimposed*) bezeichnet. Auch die Bedeckung mit mächtigen Glazialschottern scheint, z. B. bei den Einschnitten der Donau in den südlichen Albrand und ins böhmische Massiv, den Anlaß zu solchen scheinbaren Widersprüchen gegeben zu haben.

Man kann sich den Fall denken, daß einst eine Rumpffläche vorhanden gewesen ist und den Lauf der Flüsse und damit die Richtung der Täler bestimmt hat, dann aber der Zerstörung zum Opfer gefallen ist und darum heute nicht mehr unmittelbar be-

obachtet werden kann. Für die Annahme einer solchen ehemaligen Rumpffläche können noch andere Gründe vorliegen; sie kann aber auch eine bloße Hilfskonstruktion sein, um die Richtung der Täler zu erklären. Einer solchen haben sich schon die älteren englischen Geologen, bedient, und sie ist neuerdings in der *Davis*schen Schule sehr beliebt. Das Gedankenbild ist natürlich leicht hingestellt; aber man muß sich klar vor Augen halten, wie gewaltige Naturvorgänge die vollständige Einebnung eines Gebirges und die darauf folgende neue Hebung der ganzen eingeebneten Masse sind. Es ist ein Grundsatz der wissenschaftlichen Methodik, zuerst die einfachste Annahme zu machen; aber die einfachste Annahme ist nicht die Annahme, die sich am leichtesten ausdenken läßt — das ist natürlich das Talnetz einer abgedachten Ebene —, sondern die Annahme, die der Natur am wenigsten zumutet, und das ist die Konstruktion einer Rumpffläche sicherlich nicht. Es mag sein, daß sie sich schließlich als nötig erweist; aber ehe man zu solchen Gewaltmitteln greift, soll man erst einfachere Erklärungen versuchen. In den Alpen und ähnlich gebauten Gebirgen wird man prüfen müssen, ob die Entstehung der großen Quertäler nicht in den Überschiebungsdecken begründet sein kann, die, nach vorn übergeneigt, die heute anstehenden Falten überdeckt haben, ob also nicht auch hier der Widerspruch der Quertäler gegen den inneren Bau des Gebirges nur scheinbar ist.

Bei anderen Tälern ist die Widersinnigkeit oder Diskordanz, d. h. der Widerspruch gegen den inneren Bau, nicht nur scheinbar, sondern wirklich. Solche Widersinnigkeit kann bei Tälern von verschiedener tektonischer Anlage vorkommen; am auffallendsten ist sie bei Durchbruchs- oder Durchgangstälern durch ganze Gebirge. Auf sie haben sich ursprünglich die Erklärungsversuche beschränkt, und erst allmählich sind allgemeine Theorien über die Entstehung der diskordanten Täler aufgestellt worden. Zwei Erklärungsversuche hat man gemacht.[1])

Nach dem einen, der schon von *Bischof* und *Lyell* angedeutet worden war und von *Powell* für den Durchbruch des Green River in den Uintahbergen, von *Medicott* in den Siwalikvorbergen des

1) Eine sehr umsichtige, wenn auch heute natürlich z. T. veraltete Erörterung hat *Philippson* in seinen Studien über Wasserscheiden, Mitt. d. V. f. Erdkde. zu Leipzig 1886, 36ff. gegeben.

Himalaja und später, aber unabhängig, von *Tietze* (zuerst für die persischen Gebirge) bestimmter aufgestellt worden ist, sind die Flüsse älter als die Gebirge, haben diese während der Aufwölbung zerschnitten und dabei im ganzen ihren Lauf bewahrt. *Powell* bezeichnet solche Flüsse und Täler als antezedent, und diese Bezeichnung ist auch in die deutsche Literatur übergegangen: *Penck* hat sie als Vorgehertäler (richtig deutsch wäre: vorhergehende Flüsse und Täler), *Oestreich* als beständige Täler bezeichnet; man würde sie besser überlebende oder auch präexistierende Flüsse und Täler nennen.[1]) Am wichtigsten ist dieses Erklärungsprinzip für Durchbruchstäler, und für solche scheint es in der Tat oft zuzutreffen, wenngleich ein sicherer Beweis schwer zu führen ist. Bei manchen Tälern, die man als überlebend aufgefaßt hat, ist nachträgliche Entstehung mindestens ebenso wahrscheinlich.

Nach dem anderen Erklärungsprinzip, das von *Beete Jukes* (1862), *Rütimeyer*, *Heim*, *Gilbert* angegeben und von *Löwl* (1882) zur Erklärung der Durchbruchstäler benutzt worden ist, sind die Täler jünger als die Gebirge und nicht unmittelbar mit dem Gebirgsbau entstanden und in diesem gegeben, sondern erst durch mannigfaltige Vorgänge nachträglich ausgebildet worden. Man kann diese Täler als nachträgliche bezeichnen[2]); wer ohne ein Fremdwort nicht auskommt und es am liebsten aus dem amerikanischen Sprachgebrauche übernimmt, kann dafür „subsequent" sagen, was ja in der englischen Sprache nachträglich, nachfolgend bedeutet.[3])

Nachträgliche Bildung von Tälern ist auf dreierlei Weise möglich. Erstens können Täler in einem bis dahin unzertalten Gebiete neu gebildet werden. Das wird in Plateaus der Fall sein, deren Flüsse nur am Rande das zur Erosion nötige Gefälle haben,

---

1) Diese Bezeichnung möchte ich der früher von mir vorgeschlagenen Bezeichnung „ursprünglich" vorziehen, die gelegentlich zu Mißverständnissen führen kann.

2) „Nachfolgende Täler" zum Unterschied von den „Folgetälern" (*Penck*) empfiehlt sich nicht, weil „folgen" und „nachfolgen" im gewöhnlichen Sprachgebrauche dasselbe ist.

3) Die von *Davis* vorgenommene Beschränkung des Ausdruckes „subsequent" auf eine bestimmte Art nachträglicher Täler ist unzweckmäßig. Er beruft sich dabei auf den Vorgang von *Beete Jukes* im Q. J. XVIII, 1862, S. 400. Aber dieser sagt an der betreffenden Stelle, daß gewisse Längstäler nachträglicher Entstehung (*of subsequent origin*) seien; das ist doch etwas ganz anderes.

während in den inneren Teilen die Flüsse träge dahin schleichen oder gar das Wasser im Boden versinkt; ich habe diesen Vorgang als mittelbare Erosion im Gegensatze zur unmittelbaren, überall sofort einsetzenden bezeichnet. Aber man arbeitet zu viel mit dieser mittelbaren Erosion. Sie ist im allgemeinen auf Tafelländer und andere Plateaus beschränkt, während in Faltengebirgen, in zerstückelten Schollengebieten und in Vulkanlandschaften die Erosion meist sofort einsetzen kann (s. o. S. 34). Zweitens können in Kalkgebieten Höhlengänge, also unterirdische Täler, durch Einsturz der Decke in oberirdische Täler umgewandelt werden, und ich möchte nach Beobachtungen im Schweizer Jura glauben, daß dieser Vorgang heute oft unterschätzt wird. Drittens können Flüsse, indem sie ihre Täler schneller einschneiden als andere, siegreich in deren Gebiete eindringen und sie von der Seite oder von der Quelle her anzapfen, was *Davis* enthaupten, *Penck* entwurzeln nennt.

Davis und seine Jünger haben die nachträgliche Talbildung und im besonderen den Wettbewerb der Täler unter einander, die ja beide bekannt waren, eingehender verfolgt und dadurch die Entstehung vieler Täler klar gelegt. Aber sie sind dabei wohl zu einseitig vorgegangen. Sie sehen die Ursache ungleicher Intensität der Erosion ganz vorzugsweise in der verschiedenen Härte des Gesteins: wenn verschieden harte Gesteine an die Oberfläche treten — hierfür bedienen sie sich vielfach jener oben erwähnten Hilfskonstruktion einer Kappung des Gebirges durch eine Rumpffläche —, schneiden die Flüsse in den weichen Gesteinen Täler ein, die schnell nach hinten fortschreiten und die benachbarten Täler anzapfen. Da die Gesteinszonen meist in der Längsrichtung der Gebirge verlaufen, entstehen auf diese Weise hauptsächlich nachträgliche Längstäler. Zuerst hat wohl *Beete Jukes* diese Erklärung ausgesprochen und sie auch schon auf die Alpen angewandt. An die nachträglichen Längstäler schließen sich nachträgliche Quertäler an, die je nach ihrer Richtung von *Davis* als „obsequent" oder „resequent" bezeichnet werden. Alle diese Bezeichnungen sind in das Pidjin-Deutsch der jüngeren deutschen Morphologen übergegangen.

Ich will hier davon absehen, daß die Begriffe „hart" und „weich" sehr unbestimmt sind und daß es wahrscheinlich viel mehr auf die Durchlässigkeit und die Zersetzbarkeit als auf die mechanische Härte des Gesteines ankommt; ich will auch davon absehen, daß die Härte des Gesteins oft gar nicht unmittelbar beobachtet, sondern überhaupt

nur aus dem Talnetze erschlossen wird, daß also ein Zirkelschluß vorliegt; aber gegen die vorschnelle und einseitige Anwendung des Prinzipes muß ich Einspruch erheben.

Daß nicht nur die Verschiedenheit des Gesteins, sondern auch die verschiedene Steilheit der beiden Seiten eines Gebirges verschieden starke Erosion und damit eine Verlegung der Wasserscheide zur Folge hat, kann wohl nicht bestritten werden; ein nahe liegendes Beispiel ist das Vordringen der Täler von dem steilen Westabfalle des Schwarzwaldes auf die sanfte Ostabdachung. Auch der Einfluß eines starken Gegensatzes von Regen- und Trockenseite, auf den *Krümmel* hingewiesen hat, dürfte kaum zu bestreiten sein; er ist am auffallendsten, wenn der Fluß eines regenreiches Abhanges den Kamm durchschnitten hat und nun in ein trockenes Zentralgebiet eingreift, wie ich es vom Rio de La Paz beschrieben habe.[1]) Dieselbe Ursache dürften die Durchbruchstäler des Himalaja haben, die wohl mit Unrecht für antezedent angesehen werden. Manchmal scheint die Bildung von Quertälern dadurch eingeleitet worden zu sein, daß Gletscher über Einsattelungen der Seitenkämme überflossen und die Einsattelung erniedrigten; der Fluß hat dann in der Bahn des Gletschers weiter gearbeitet. Auch tektonische Linien können die Richtung der Erosion bestimmen; wenigstens in kleinem Maßstabe bieten sich ihr Kluftlinien als Linien geringsten Widerstandes dar.

Es scheint mir oft nicht genügend geprüft zu werden, ob die Talbildung in Wahrheit nachträglich und nicht vielmehr durch Verwerfungen oder andere tektonische Linien bestimmt ist. Sicher hat man früher viel zu leicht zu diesem Hilfsmittel der Erklärung seine Zuflucht genommen. Sicher soll man eine Spalte oder Verwerfung erst im inneren Bau nachweisen, ehe man sich ihrer zur Erklärung eines Tales bedient; sicher handelt es sich da, wo wir Täler an Verwerfungslinien gebunden sehen, vielfach um einen mittelbaren Einfluß der Verwerfung, indem sie nämlich Gesteine von verschiedener Widerstandsfähigkeit neben einander an die Oberfläche gebracht hat; aber daß es junge Dislokationen und Klüfte giebt, und daß sie die Talrichtung beeinflussen müssen, läßt sich nicht leugnen. In Gebieten, deren innerer Bau noch nicht genau bekannt ist, oder die sehr verwickelt gebaut sind, muß man darum Zurückhaltung

1) Verh. d. Ges. f. Erdkde. zu Berlin 1889 Heft 3.

üben; die Erklärung des schwäbischen Neckartales oder gar der großen Längstäler der Alpen oder der Anden durch nachträgliche Erosion in Folge der geringeren Widerstandsfähigkeit des Gesteines will mir nicht einleuchten; hier kommen doch wohl tektonische Linien in Betracht. Man sollte in solchen Fällen die Akten nicht zu früh schließen!

So tritt uns eine große Mannigfaltigkeit der Ursachen entgegen, von denen Richtung und Anordnung der Täler abhängen können. Jeder Versuch einer Erklärung muß alle diese Bildungsmöglichkeiten ins Auge fassen. Die deduktive Betrachtung führt leicht zu einseitiger Auffassung, weil sie von vornherein eine bestimmte Ursache annimmt und aus dieser die Wirklichkeit ableitet. Eine Deduktion zeigt nur, daß eine Erklärung möglich, nicht aber daß sie richtig ist, d. h. daß der abgeleitete Entwicklungsvorgang der wirklichen Entwicklung entspricht; Unterordnung unter ein erdachtes Schema ist noch keine wissenschaftliche Erklärung. Die wissenschaftliche Untersuchung muß zunächst induktiv und analytisch sein, d. h. von den beobachteten Tatsachen ausgehen und, mit den einfachsten beginnend, alle Möglichkeiten der Erklärung prüfen, ehe sie dazu übergehen kann, ein Erklärungsprinzip durchzuführen.

Bei der Untersuchung der Talrichtungen sind verschiedenerlei Tatsachen zu beachten. In erster Linie steht eine Prüfung ihrer Beziehungen zu den Tatsachen des inneren Baus, seien es Faltenzüge oder Verwerfungen und Kluftrichtungen, sowie zur ursprünglichen, d. h. vor dem Beginn der Abtragung vorhandenen oder doch vorauszusetzenden tektonischen Form und tektonischen Oberfläche. Diese Prüfung ist manchmal sehr einfach, andere Male sehr schwierig, weil bei weit fortgeschrittener Zerstörung des Gebirges die Rekonstruktion der tektonischen Oberfläche zweifelhaft bleibt; aber sie ist unumgänglich nötig, um zu einem sicheren Urteile darüber zu gelangen, ob ein Tal konkordant, d. h. tektonisch bestimmt, oder diskordant ist, d. h. dem inneren Bau widerspricht. Zweitens muß das Alter der Täler geprüft werden. Durch die Untersuchung alter, in der Form von Terrassen erhaltener Talböden kann gezeigt werden, ob ein Tal schon vor den letzten Hebungen vorhanden war oder nicht, und ob die Größe des damaligen Flusses ungefähr der Größe des heutigen Flusses gleichkam oder nicht; das ist eines der wichtigsten Merkmale zur Unterscheidung überlebender (präexistierender, antezedenter) und nachträglicher Täler. Man muß

sich dabei nur hüten, Denudationsterrassen für alte Talböden zu halten. Aus der Form der Täler, namentlich dem Vorhandensein von Talwasserscheiden und der zu geringen Größe der Flüsse im Verhältnis zum Tal, kann auf Flußverlegungen geschlossen werden. Die Übereinstimmung oder der Gegensatz der Richtung benachbarter Flüsse weist auf übereinstimmende oder widersprechende Bildungsgeschichte hin. Um zwischen den verschiedenen Ursachen nachträglicher Talbildung zu unterscheiden, muß man untersuchen, ob ein diskordantes Tal mit der steileren Abdachung der tektonischen Oberfläche, mit größerem Wasserreichtum, mit weniger widerstandsfähigem Gestein zusammenfällt. Die Erklärung eines Tales durch „Weichheit" des Gesteines ist so lange unsicher, als diese nicht direkt nachgewiesen ist. Eine Forschung, die sich über alle diese Nachweise kühn hinwegsetzt, ist unsolid. *Davis'* eigene Untersuchungen beruhen wohl meist auf sorgfältiger Prüfung der Tatsachen; aber dadurch, daß er der Mitteilung seiner Ergebnisse deduktive Form gegeben und die Deduktion schon in die erste beschreibende Feststellung der Tatsachen hineingetragen hat, haben sich viele seiner Gefolgsleute verleiten lassen, die genaue Beobachtung und induktive Untersuchung zu überspringen und uns Phantasiegebilde als wissenschaftliche Tatsachen vorzusetzen.

Die Betrachtung darf nicht bei den einzelnen Tälern stehen bleiben, sondern muß auf die Gesamtheit der Täler, die Talnetze und Talsysteme, gerichtet sein; denn die Geographie muß es immer auf die ganze Landschaft absehen. Ansätze dazu finden wir ziemlich früh; aber die Schwierigkeit des Gegenstandes macht es begreiflich, daß es lange bei Ansätzen und bei einseitiger Auffassung geblieben ist. Man kann zwei Perioden unterscheiden. In der ersten faßte man nur oder doch vorzugsweise die Abhängigkeit der Talsysteme vom inneren Bau der Länder ins Auge; z. B. erkannte man in einfachen Faltengebirgen den regelmäßigen Wechsel von Längs- und Quertälern und die Anordnung der Längstäler in Talzügen. In der zweiten Periode untersuchte man mehr als bisher die nachträgliche Umbildung der Talnetze, den Gegensatz der Täler gegen einander, ihren Kampf um die Wasserscheide, der die Abhängigkeit vom inneren Bau bis zu einem gewissen Grade aufhebt oder wenigstens in andere Richtung leitet. Um die Fortbildung dieser Auffassung haben sich *Davis* und seine Schüler zweifellos große Ver-

dienste erworben. Sie verdanken das bis zu einem gewissen Grade der Anwendung der Deduktion; denn die folgerichtige Durchbildung eines Erklärungsprinzips ist immer geeignet, Ordnung und Klarheit in eine Masse von Erscheinungen zu bringen. Mein Bedenken richtet sich ja auch nicht gegen die Anwendung der Deduktion überhaupt, die auch ich für nützlich und notwendig halte, sondern gegen deren einseitige und oft voreilige Anwendung und die ungenügende Prüfung an den Tatsachen.

Nach der *Davis*schen Auffassung bilden sich nicht nur durch den unmittelbaren Einfluß der Tektonik auf die ursprüngliche Anlage der Flüsse, sondern auch durch deren nachträgliche Anpassung bestimmte, regelmäßig wiederkehrende Talrichtungen, z. B. die Längstäler in weichen Gesteinen, aus und infolgedessen bekommt das Talnetz einen bestimmten Charakter, der von dem ursprünglichen, tektonisch bestimmten verschieden, also widersinnig (diskordant) ist. Dadurch wird das Alter der Landschaft für deren Bild bedeutsam, da ja die nachträgliche Talbildung Zeit braucht, um zur Geltung zu kommen, und um so mehr zur Geltung kommen wird, je längere Zeit seit der Anlage des Landes verflossen ist. Während es anfangs nur konkordante, d. h. tektonisch bestimmte, und überlebende (antezedente) Täler geben kann, treten später immer mehr auch nachträglich gebildete Täler auf und können sogar die Oberhand gewinnen. Mit anderen Worten: der Einfluß der tektonischen Oberfläche, von deren Gestalt die rechtsinnigen (konkordanten) Täler abhängen, tritt immer mehr hinter dem Einflusse der anderen Bedingungen zurück, die die Arbeitskraft der Flüsse bestimmen. *Davis* läßt mit dem Alter auch die Dichte (Textur) des Talnetzes zunehmen; aber das gilt nicht allgemein, sondern nur für Plateaulandschaften, und in Kettengebirgen können vielleicht sogar, wie *Eduard Richter* meint, die kleineren Täler allmählich durch die größeren aufgesogen werden.

Wichtiger als das Alter ist die Art der Talbildung. Wie schon die ursprüngliche Anlage der Talnetze bei verschiedenem Gebirgsbau und überhaupt unter verschiedenen Bedingungen verschieden ist, so vollzieht sich auch die nachträgliche Umbildung verschieden. Auch im fortgeschrittensten Zustande der Zerstörung werden andere Typen des inneren Baus andere Talnetze zeigen, weil die Anordnung der Gesteine in ihnen anderen Gesetzen gehorcht. In viel höherem Maße noch wird das bei Land-

schaften im mittleren Stadium der Umbildung, dem der Reife, der Fall sein. Die Auffassung der typischen Unterschiede der Talnetze je nach der verschiedenen Art der Talbildung unter wechselnden Bedingungen der Entwickelungsgeschichte, des inneren Baues, des Klimas ist eines der wichtigsten Ziele der Forschung. Sie hat auch, wenigstens beim gegenwärtigen Stande der Wissenschaft, vor der Auffassung der Altersstufen den Vorzug, daß sie die Formen unmittelbar an die Tektonik anknüpft und darum, was für die Geographie immer das Wichtigste ist, ihre Verteilung bis zu einem gewissen Grade verstehen läßt, während wir über die geographische Verteilung der Altersstufen noch so gut wie nichts aussagen können.

Wir müssen uns immer bewußt bleiben, daß die Anordnung der Täler und die Entstehung der Talnetze ein überaus verwickeltes Problem ist, das wir bei der Bewegtheit der tektonischen Entwickelung in den meisten Gebieten und bei dem häufigen Wechsel der klimatischen Bedingungen nur in Ausnahmefällen vollkommen lösen können.

IV. Talterrassen.

Einer der bedeutsamsten Züge in der Gestaltung vieler Täler sind die Talterrassen, d. h. wagrechte oder schwach geneigte Absätze an den Talhängen, manchmal nur leistenartig, andere Male von beträchtlicher Breite, manchmal sofort auffallend und ein wichtiger Zug in der Physiognomie des Tales, andere Male nur dem geübten Blicke kenntlich, aber immer von großer Bedeutung für die Entstehung der Täler. Im Gegensatze zu dem Stufenbau im Längsprofile mancher Täler, namentlich alpiner Täler, hat man die längs gestreckten, das Querprofil bestimmenden Terrassen der Hänge auch als Seiten- oder Lateralterrassen bezeichnet. Dieser Aufsatz hat es nur mit ihnen zu tun. Aber auch sie sind, wie wir gleich näher sehen werden, von sehr verschiedener Art. Wir müssen darum unterscheiden. Die Untersuchungsmethode, die wir zunächst anwenden müssen, ist die Diagnose oder, wie es *Passarge* mit einer medizinischen Bezeichnung ausdrückt, die Differentialdiagnose.

Zweierlei Unterschiede treten uns entgegen: nach der Beschaffenheit oder Zusammensetzung und nach der Beziehung zum Talboden oder zum Schichtenbau. Viele Terrassen bestehen aus anstehendem Gestein, wie es die Talhänge zusam-

mensetzt, und sind gar nicht oder nur dünn mit Geröll bedeckt; sie können wir als Felsterrassen bezeichnen. Andere dagegen sind in großer Mächtigkeit aus Schottern aufgebaut, die bis zum Talboden herabreichen oder doch erst in erheblichem Abstande von ihrer Oberfläche auf anstehendem Gestein aufruhen; es sind Schotterterrassen. Schwieriger aufzufassen, aber genetisch noch bedeutsamer und der Unterscheidung zwischen Fels- und Schotterterrassen gegenüber primär ist ein Unterschied, der uns bei den Felsterrassen entgegen tritt. Die einen, die oft mit Geröllen bedeckt sind, laufen, ähnlich wie die Oberfläche der Schotterterrassen, ungefähr, wenn auch selten genau, dem Talboden parallel, durchschneiden dagegen die Schichten, wenn diese nicht zufälligerweise denselben flachen Neigungswinkel wie der Talboden haben, und zeigen keine Beziehungen zu ihnen; dieser Art sind, um nur wenige Beispiele zu nennen, die Terrassen der alpinen Täler, die uns *Rütimeyer* kennen gelehrt hat, oder die Terrassen des Rheintals im rheinischen Schiefergebirge. Die anderen haben mit dem Talboden nichts zu tun, sondern sind mehr oder weniger stark gegen ihn geneigt, fallen dagegen meist mit bestimmten Schichten oder anderen im Gebirgsbau gegebenen Flächen zusammen. In kleinem Maßstabe sind sie außerordentlich häufig, in größerem seltener, weil sie in großem Maßstabe nur bei mäßig geneigter Schichtenlagerung auftreten können; als Beispiel nenne ich die talaufwärts einfallende Terrasse des Neckartales bei Heidelberg. Wir haben leider keine nur auf Merkmale der Beschreibung gegründete Bezeichnung für die beiden Arten der Felsterrassen; aber ihre verschiedene Entstehung liegt ziemlich auf der Hand, und wir können uns daher wohl gleich der genetischen Ausdrücke bedienen: jene sind alte Talböden, entsprechen einem Stillstande der Erosion, bei dem diese einen breiten Talboden schuf, und können darum als Erosionsstillstandsterrassen oder einfach als Erosionsterrassen bezeichnet werden; diese haben mit der Erosion nichts zu tun, sondern sind durch Verwitterung und Denudation ausgearbeitet und heißen darum Verwitterungs- oder Denudationsterrassen. In den meisten Fällen kann man sie ohne weiteres unterscheiden; aber manchmal sind Verwechselungen möglich. Wenn die Schichten ungefähr wagrecht liegen, werden die Denudationsterrassen gleichfalls ungefähr wagrecht verlaufen müssen und sind daher von alten Talböden wenig verschieden. So hatte *Dutton* die Esplanade am oberen

Rande des Coloradocañons für eine Erosionsterrasse oder einen alten Talboden gehalten, während *Davis* neuerdings nachgewiesen hat, daß es eine Denudationsterrasse ist. Andrerseits können auch steil geneigte Terrassen als alte Talböden aufgefaßt werden, wenn man nachträgliche Gebirgsstörung annimmt. So hatte *Heim* die schwach aufwärts geneigten Terrassen am Zürichsee als alte, später aufgerichtete Talböden aufgefaßt und darauf seine Ansicht über die Entstehung des Zürichsees begründet, während *Brückner* zu zeigen suchte, daß diese Terrassen an bestimmte Schichten gebunden, also Denudationsterrassen seien und mit einer Hebung nichts zu tun hätten.

So müssen wir drei Klassen von Terrassen unterscheiden, die wir nach einander besprechen wollen: die Verwitterungs- oder Denudationsterrassen, die alten Talböden oder Erosionsterrassen und die Schotterterrassen, deren Oberflächen ja auch alte Talböden, aber von anderer Art, darstellen.

Die Denudationsterrassen verdanken ihre Entstehung Unterschieden im Tempo der Abtragung durch die Verwitterung und Denudation. Dieser Unterschied entspringt aus dem verschiedenen Verhalten und der verschiedenen Widerständigkeit des wagrecht lagernden Gesteins gegen jene Kräfte, wobei es weniger auf die Härte im physikalischen Sinne des Wortes als auf die Durchlässigkeit für das Wasser und auf die Art der Denudation ankommt. Wenn die Schichten verschiedener Widerständigkeit steil geneigt sind oder wenn verschiedene Gesteine, wie bei Eruptivgängen, senkrecht neben einander stehen, entsteht keine Terrassierung, sondern ein Wechsel von vortretenden steilen Riffen und zurücktretenden flachen Hängen im Längsprofil, wie man ihn z. B. in den Tälern des rheinischen Schiefergebirges deutlich beobachten kann. Nur bei mehr oder weniger wagrechter Lagerung der Schichten kommt es zu eigentlicher Terrassierung, deren Hauptursache das Auftreten von Quellhorizonten über undurchlässigem Gestein ist.

Die Art der Terrassierung kann sehr verschieden sein. Manchmal liegen viele Terrassen über einander. So sind die Felswände der sächsischen Schweiz oft in der auffallendsten Weise terrassiert, offenbar weil häufige geringe Wechsel in der Zusammensetzung des Gesteins das Heraustreten des Sickerwassers und damit die Untergrabung der Felswände mehr oder weniger begünstigen. In anderen

Fällen sind nur einzelne große Terrassen ausgebildet. Das ist z. B. der Fall, wenn tonige Schichten von mächtigen Massen von Kalk oder Sandstein überlagert werden. Eine vermittelnde Stellung nimmt etwa die Terrassierung im Keuper mit seiner mehrfachen Wechsellagerung von Ton und Sandstein ein. Besonders ausgeprägt sind die Terrassen, wo an einem Talhange Schichttafeln über den Rumpfflächen des Grundgebirges liegen. Jene sind dann meist stärker abgetragen und springen im Talhange zurück.

Ist die Entstehung dieser Terrassen im großen und ganzen richtig erkannt, so scheint mir doch der Mechanismus der Entstehung im einzelnen noch nicht ganz klar zu sein, und gerade weil von hier aus auch auf die Entstehung der großen Einebnungen des Landes ein Licht fällt, sollte ihm sorgfältiges Einzelstudium zugewandt werden.

Eine besondere Art der Denudationsterrassen sind die Terrassen am oberen Rande der Hänge mancher Alpentäler, auf die besonders *Ed. Richter* aufmerksam gemacht hat. Sie scheinen durch das Zurückweichen der Kare entstanden zu sein, sind also nicht an einen bestimmten Gesteinshorizont, sondern an einen klimatischen Horizont gebunden.

Bei den Erosionsterrassen tut in noch viel höherem Grade als bei den Denudationsterrassen eindringendes Einzelstudium not. Sie sind Felsflächen, meist mit aufgelagerten Geröllen. Die Geographen wenden jenen, die Geologen diesen die Hauptaufmerksamkeit zu. Das ist ja eine Folge ihrer verschiedenen Vorbildung; jene sind mehr gewöhnt und geübt, die Formen zu zergliedern, diese, mit dem Hammer zu arbeiten. Aber eine zu weit gehende Arbeitsteilung ist ungesund und führt zu mangelhaften Ergebnissen. Es erscheint mir als eine fast krankhafte Einseitigkeit, wenn ein Forscher sich bewußt auf die eine Untersuchungsmethode beschränkt; denn er kann sich sagen, daß sichere Erkenntnis nur durch Vereinigung der beiden Untersuchungsmethoden zu gewinnen ist. Der morphologisch arbeitende Geograph muß sich die Fähigkeit aneignen, verschiedene Arten von Geröllen auseinanderzuhalten und unter Umständen ihre Herkunft zu bestimmen, wobei er ja in schwierigen Fällen den Geologen zu Hilfe rufen kann. Der Geolog, der bei seinen Aufnahmearbeiten auch die Terrassen berücksichtigen muß, muß sich Sinn für die Auffassung der Oberflächenformen aneignen und sich mit den Gesetzen ihrer Ausbildung vertraut machen; sonst

wird es ihm immer wieder passieren, daß er jedes am Hange liegende Geröll für eine besondere Terrasse nimmt oder Felsterrassen und Schotterterrassen nicht unterscheidet, daß er die lediglich an einer Stelle aus irgend welchen Gründen ausgebildeten Terrassen und die großen durchgehenden Terrassen, die eigentlichen alten Talböden, nicht auseinanderhält.

Die durchgehenden Erosionsterrassen sind die Reste alter Talböden, die der Fluß in einer Ruhepause der Erosion gebildet und in die er sich dann wieder eingeschnitten hat. Solche Talterrassen hat zuerst *Rütimeyer* im Reuß- und im Tessintal untersucht und als Folgen wiederholter Hebung des Gebirges und dadurch bedingten neuen Einschneidens der Flüsse aufgefaßt. Es mag dahin gestellt bleiben, ob seine Auffassung gerade dort ganz richtig ist; aber der Weg der Untersuchung und Auffassung war damit vorgezeichnet. In der folgenden Zeit wurde den Talterrassen überall eingehendes Studium gewidmet. Man erkannte, daß sie ein wichtiges Kennzeichen der Bildungsgeschichte der Gebirge seien, und sprach daraufhin von Perioden der Erosion. Es war daher nur ein anderer und, wie mir scheint, nicht gerade besserer sprachlicher Ausdruck, aber keine sachlich neue Erkenntnis, als *Davis* die Bezeichnung: Zyklen der Erosion einführte; denn es handelt sich um keinen Kreislauf, sondern um einen unterbrochenen Ablauf.

Im einzelnen bereitet das Studium der Erosionsterrassen noch manche Schwierigkeiten.

Die Talböden, die durch Hin- und Herverlegungen des Flußlaufes im Gleichgewichtsprofile entstehen, sind der Theorie nach im Querschnitt wagrecht und vom Seitengehänge scharf abgesetzt und sind es auch in der Wirklichkeit im ganzen, wenngleich wir manchmal, wohl in Folge von Aufschüttung an den Seiten und vielleicht auch von Gleitvorgängen auf dem Talboden selbst, eine schwache Neigung gegen die Mitte hin wahrnehmen, wodurch auch der Übergang vom Talhang zur Talsohle ausgeglichen werden kann. Die hoch liegenden Talterrassen sind meist deutlich wahrnehmbar vom hinteren Hange gegen den unteren Rand geneigt. Das ist die Folge teils von Schuttzufuhr im hinteren Teil, teils und wohl großenteils von Abspülung im vorderen Teil, die aber die Terrasse nicht etwa ganz zerstört, sondern den Gefällsbruch gegen den nach unten folgenden Steilhang bestehen läßt. Diese Abschrägung macht es schwer, die ursprüngliche Höhe der Terrassen zu bestimmen: man nimmt dafür

oft unbesehen den unteren Rand der heutigen abgeschrägten Fläche; das ist wahrscheinlich falsch, sie muß meist höher gesucht werden. In den Alpentälern kommt störend hinzu, daß die alten Talböden vom Gletscher umgearbeitet und abgeschrägt worden waren.

Die alten Talböden sind nie vollständig erhalten; sie werden nicht nur durch alle Nebentäler unterbrochen, sondern setzen meist auch auf der äußeren Seite der Talkrümmungen aus, weil die nach dieser Seite hin vordringende Erosion sie vernichten muß; indessen habe ich Terrassen auch gerade über der äußeren Seite von Flußkrümmungen gesehen. Der alte Talboden muß also aus einer Anzahl von Stücken rekonstruiert werden, was bei der besprochenen nachträglichen Abschrägung nicht immer ganz leicht ist; z. B. sind die alten Talböden des Reußtales von *Rütimeyer*, *Heim*, *Bodmer*, *Brückner* verschieden rekonstruiert worden. Jedes Stück Erosionsterrasse muß einmal Talboden gewesen sein; aber man muß zweifeln, ob es in allen Fällen zu einem weithin verfolgbaren zusammenhängenden Talboden gehört und daher heute als Terrasse weithin verfolgt werden kann. An den heutigen Talsohlen sehen wir, auch wenn im allgemeinen neben dem Flußbette ein Talboden fehlt, doch öfters, etwa auf der inneren Seite von Flußkrümmungen oder oberhalb von Flußriegeln, eine ebene Talweitung; bei weiterem Einschneiden des Flusses kann sie als eine örtliche Terrasse erhalten bleiben. So können wir im Moseltal unterhalb Trier nur wenige durchgehende Terrassen verfolgen, während dazwischen zahlreiche örtliche Terrassen auftreten. Auch in vielen anderen Gegenden wird die Zahl der Terrassen, die man angenommen hat, bei einer solchen Unterscheidung sehr herabgemindert werden. Nur die großen durchgehenden Terrassen, die sich aus den Haupttälern auch in die Nebentäler erstrecken, entsprechen allgemeinen Stillstandsperioden der Erosion und haben für die Bildungsgeschichte der Gebirge größeres Interesse.

Sehr befremdend ist, worauf *Eduard Richter* in seinen morphologischen Untersuchungen aus den Hoch-Alpen stark hingewiesen hat, die große Breite der alten Talböden z. B. im Reußtal, wie sie sich aus dem Abstande der auf beiden Seiten liegenden Terrassen ergiebt. Aber diese große Breite ist wohl, wenigstens zum Teil, nur scheinbar; die alten Talauen waren gewunden, und gerade die äußersten Windungen sind beim neuen Einschneiden am ehesten verschont worden und rufen nun, wenn man sie unmittelbar verbin-

det, den Eindruck eines riesig breiten Tales hervor. Es bedarf sehr eingehender Untersuchungen, die vielleicht überhaupt nur noch in wenigen Fällen durchführbar sind, um die alten Talläufe im einzelnen festzustellen und über die Breite der alten Talböden ein sicheres Urteil zu gewinnen. *Sölch* will allerdings die Talböden, je älter sie sind, um so weiter flußaufwärts verfolgen können; auch das bedarf weiterer Prüfung.

In den durchgehenden Terrassen giebt sich immer ein Wechsel von Stillstand der Tiefenerosion mit Verbreiterung der Talböden durch seitliche Erosion und von neuem Einschneiden zu erkennen. Sie weisen also immer auf einen Wechsel der Erosionskraft hin. Diese kann in vermehrter Wasserführung oder verringerter Schuttzufuhr, also in letzter Linie in einem Klimawechsel, seinen Grund haben; aber in einem feuchten Klima, wo es sich immer nur um mehr oder weniger Regen handelt, reichen Klimaänderungen kaum aus, um Terrassen zu erklären. Auch die Vermehrung der Wassermenge durch Anzapfung eines bisher selbständigen Flusses wird nur ausnahmsweise in Betracht kommen. Im allgemeinen wird wohl die Erklärung richtig sein, die *Rütimeyer* gegeben und die man ziemlich allgemein angenommen hat, die auch *Davis* seiner Auffassung allgemein zu Grunde legt, daß nämlich die Eröffnung einer neuen Erosionsperiode die Folge einer Hebung ist, daß also Erosionsterrassen als die Merkmale allgemeiner Hebungen anzusehen sind, die sich, falls wir sie bis zum Meere verfolgen können, den alten Strandlinien anschließen müssen. Der Verfolg der Erosionsterrassen über weitere Gebiete ist das beste, wenn nicht das einzige Mittel, um die Form der allgemeinen Hebungen oder Aufbiegungen, ihre räumliche Beschränkung auf einzelne Gebirge oder ihre Ausdehnung über Gebiete von verschiedenem Bau festzustellen, die sich aus der Lagerung der Schichten nicht mehr ablesen lassen, und ist daher, merkwürdigerweise erst in der jüngsten Zeit, eine wichtige Arbeitsmethode der Geotektonik geworden.

Die Schotterterrassen unterscheiden sich von den gewöhnlichen Erosionsterrassen dadurch, daß nicht eine dünne Lage von Geröllen den flachen Felsboden bedeckt, sondern daß die Schotter in große Tiefe reichen. Sie stellen, wie die Ebenheit ihrer Oberfläche beweist, gleichfalls alte Talböden dar, die dann vom Flusse zerschnitten worden sind. Aber diese Talböden können nicht durch

seitliche Erosion während eines Stillstandes der Tiefenerosion, sondern müssen durch Aufschüttung entstanden sein. Die Art und die Ursache der Aufschüttung sind zweifelhaft. Es ist das große Verdienst *Pencks*, zuerst die weit ausgebreiteten und sehr mächtigen Glazialschotter im Vorlande der Alpen und auch in den Alpentälern, besonders im Inntal, untersucht zu haben. Er sah die vermehrte Schuttzufuhr durch die vorrückenden stark erodierenden Gletscher und die Unfähigkeit der Gletscherflüsse, diese Schuttzufuhr zu bewältigen, als die Ursache der Schotteranhäufung an. In den Zeiten geringer Schuttzufuhr, also in den Interglazial- und den Postglazialzeiten, hätten sich die Flüsse wieder in die Schuttanhäufung eingeschnitten. Obgleich Penck für das Mittelgebirge des Inntales die Erklärung später abgeändert hat, so wird sie im ganzen doch wohl zu Recht bestehen. Als *Sievers* in der Kordillere von Mérida große Schotterterrassen fand, hat er die Penckschе Erklärung ohne weiteres darauf übertragen, da er ja auch dort Beweise ehemaliger größerer Vergletscherung gefunden hatte. Aber er hat dabei nicht die Vorsicht beobachtet, die man bei der Übertragung einer Hypothese von einer Gegend auf die andere immer beachten muß; er ließ zu sehr außer Acht, daß sich die Terrassen viel weiter abwärts erstrecken, als der Gletscherschutt transportiert worden sein kann, und daß sie hier sogar ihre größte Mächtigkeit erreichen. Ich hatte genau dieselbe Art von Schotterterrassen in noch größerer Ausbildung in der Kordillere von Bogotá, bei Fusagasugá, zwischen Tocaima und La Mesa, das der Lage auf einer solchen Schotterterrasse seinen Namen „der Tisch" verdankt, und an vielen anderen Stellen beobachtet.[1]) Sie treten großenteils an Stellen auf, wo an einen Zusammenhang mit alten Gletschern gar nicht zu denken ist, und gehören nur ganz ausnahmsweise der Hochregion, sondern in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle den mittleren und unteren Höhenstufen etwa von 1900 m abwärts bis weit in die *Tierra caliente* hinein an. Namentlich im Tale des Rio Bogotá zwischen La Mesa und Tocaima kann man deutlich mehrere Systeme von Schotterterrassen unterscheiden, von denen die untere wenigstens manchmal nicht durch Erosion aus der oberen herausgeschnitten, sondern eine neue Aufschüttung zu sein scheint, so daß zwei Perioden der Aufschüttung die Talbildung unterbrochen hätten. Man kann zur

1) *Hettner*, Die Kordillere von Bogotá (Pet. Mitt. Erg.-H. 104) S. 45 ff.

Erklärung an Klimawechsel, etwa an die Einschaltung von Trockenperioden, denken; aber da die Terrassen auf Quer- und Diagonaltäler beschränkt sind und großenteils oberhalb von Gebirgsriegeln liegen, ist wohl die Erklärung durch Aufstauung der Flüsse in Folge von Hebung oder Faltung wahrscheinlicher. Es war mir nicht möglich, zu untersuchen, ob sich die Schotterterrassen über den Rand des Gebirges hinaus fortsetzen.

Ich will den Gegenstand hier nicht weiter verfolgen; es kommt mir hauptsächlich darauf an, zu zeigen, daß gleiche oder vielmehr scheinbar gleiche Erscheinungen verschiedene Ursachen haben können, daß man eine Erklärung, die sich in einer Gegend bewährt hat, nicht unbesehen auf eine andere übertragen darf, sondern daß immer von neuem sorgfältige Einzeluntersuchung nötig ist. Die vorangegangene Untersuchung anderer Gegenden darf nur die Anhaltspunkte dafür geben.

Ein eingehendes Studium der Talterrassen eröffnet weite Perspektiven für die Auffassung der Entstehungsgeschichte der Landoberfläche überhaupt. Die Denudationsterrassen sind ein Anfangsstadium der großen Landterrassen, die uns in den Stufenlandschaften wieder entgegentreten werden. Die Erosionsterrassen sollen das Anfangsstadium der Rumpfflächen oder Fastebenen sein. Die verschiedenen Arten von Einebnungen des Landes sind oft schwer zu unterscheiden; ein Hauptunterscheidungsmerkmal wird gerade darin bestehen, ob sie sich an Denudations- oder an Erosionsterrassen anschließen. Auch die Schotterterrassen wiederholen sich einigermaßen in zerschnittenen Hochflächen wie der schweizerischen oder bayrischen.

Das geographische Vorkommen der drei Arten von Terrassen ist, der Verschiedenheit der Bedingungen entsprechend, sehr verschieden. Denudationsterrassen treten im Gefolge großer über einander liegender und darum über weite Flächen ausgebreiteter Unterschiede in der Widerständigkeit des Gesteins auf. Die Erosionsterrassen scheinen hauptsächlich an erneute Hebungen des Gebirges nach Stillstandsperioden der Erosion geknüpft zu sein. Schotterterrassen beruhen auf Schwankungen der Wasserkraft, die aber, wie es scheint, ebensowohl in tektonischen wie in klimatischen Veränderungen begründet sein können; für sie kann man daher, wenigstens bisher, keine bestimmte Verbreitungsregel aufstellen.

V. Das Alter und die Form der Täler.

1. Alter und Entwickelungsstufe.

Der Gedanke, daß die verschiedenen Stücke der Erdoberfläche verschiedenes Alter haben, d. h. verschieden lange Zeit der Einwirkung der umbildenden Kräfte unterliegen und infolgedessen verschiedene Züge zeigen, ist nicht neu. Er mußte sich der Forschung von dem Augenblicke an aufdrängen, in dem die Entwicklungstheorie den Sieg über die Katastrophentheorie davontrug. Wenn die wirkliche Erdoberfläche nicht die tektonische, d. h. durch den inneren Bau gegebene, Erdoberfläche, sondern aus jener durch die Einwirkung der äußeren (exogenen) Kräfte hervorgegangen ist, und wenn diese nicht einmalige katastrophenartige Ereignisse von der Art der Sündflut sind, sondern wenn die gewaltigen Beträge der Umbildung und Zerstörung auf der langen Dauer und der Summierung der Arbeit der kleinen Kräfte beruhen, die heute an der Erdoberfläche wirken, so muß das Maß der Umbildung und Zerstörung von der Länge der verflossenen Zeit abhängen.

Aus diesen Gedanken heraus hat man schon bald auf mancherlei Weise eine Zeitbestimmung der umbildenden Kräfte und damit eine Altersbestimmung der durch sie geschaffenen Formen zu gewinnen versucht. Englische Forscher, ihnen voran *Lyell* und *de la Bèche*, stellten Beobachtungen über das Tempo des Zurückweichens der Klippen an den Küsten an. *Lyell* suchte das Zurückschreiten der Niagarafälle zu messen und danach die Zeit zu bestimmen, die sie gebraucht haben, um die unterhalb der Fälle gelegene Schlucht einzunagen, und die sie noch brauchen werden, um sich bis zum Eriesee zurückzuschneiden. Die Schweizer *Rütimeyer* und *Heim* untersuchten die Dauer der Sedimentationsvorgänge, z. B. der Deltabildung der Reuß im Vierwaldstättersee. Der Norweger *Kjerulf* schrieb eine Abhandlung über die Chronometer der Geologie. Neuerdings hat der Schwede *de Geer* durch Zählung der Schichten des Bändertons sowie der Einschnürungen der Åsar die seit dem Rückzuge der Vereisung verflossene Zeit bestimmt. Auch durch die Beziehung geologischer Vorgänge und Ereignisse, z. B. der Eiszeit, auf bestimmte astronomische Verhältnisse sucht man zu Zeitbestimmungen zu kommen. Man kann allerdings nicht sagen, daß die meisten dieser Versuche, vielleicht mit Ausnahme der Untersuchun-

gen *de Geers*, rechten Erfolg gehabt hätten; noch immer können wir das Alter aller vor der geschichtlichen Erinnerung zurückliegenden Vorgänge oder Zustände nur im Verhältnis zu anderen Vorgängen und Zuständen, namentlich zum Auftreten charakteristischer Tiere und Pflanzen, bestimmen, sie in die geologischen Perioden oder Formationen einordnen. Das ist, was wir geologisches Alter nennen.

Man kann den Gedanken aber auch in anderer Richtung verfolgen. Wenn die Vorgänge der Umbildung immer weiter gehen und die Erdoberfläche fortschreitend umgestalten, so müssen die so gebildeten Formen in jedem Augenblicke anders sein als im vorhergehenden, müssen sie sich immer weiter von der ursprünglichen oder tektonischen Oberfläche entfernen, bis schließlich einmal deren Zerstörung ganz vollendet sein wird. Man kann daraufhin Entwickelungsstufen unterscheiden und Entwickelungsreihen aufstellen.

Diese Umbildung und Zerstörung kann je nach den Umständen, d. h. je nach der Kraft der Vorgänge und der Größe der Widerstände, schneller oder langsamer vor sich gehen; je nachdem wird die gleiche Entwicklungsstufe in kürzerer oder längerer Zeit erreicht werden, ein geringeres oder größeres absolutes und geologisches Alter haben.

Für viele Betrachtungen kann man die Verschiedenheit der Zeitdauer als mehr oder weniger gleichgültig bei Seite lassen und sich an die Entwickelungsstufe halten. Auch diese Gedankenreihe ist seit langem verfolgt worden. Überall in der Literatur seit *Desmarest* finden sich Bemerkungen in dieser Richtung. Für die Auffassung der Täler nahm der Gedanke eine bestimmte Form durch die Lehre vom Gleichgewichtsprofil an, insofern steile und unregelmäßig geneigte Talsohlen als anfängliche, flache und gleichmäßig geneigte als weiter fortgeschrittene Entwicklungsstufen erschienen. Bei der Bildung von Landstufen konnte man die Entwickelung von einzelnen rückwärts einschneidenden Tälern bis zur Zerstörung über die Fläche verfolgen, von der nur einige Zeugenberge verschont bleiben. Auch für die Auffassung ganzer Gebirgskörper oder überhaupt Landschaften wurde der Gedanke wichtig, als man den großen Betrag der Abtragung erkannte. Im Gegensatze zu der älteren Auffassung, daß die Hochgebirge die ältesten Gebilde seien, wiesen *Heim* und andere nach, daß im Gegenteil nur jugendliche Gebirge hoch auf-

ragen könnten, alle älteren dagegen abgetragen seien. Für verschiedene Gebirgstypen stellte man Umwandlungsreihen, so *Gilbert* am Beispiele der Henry Mountains für die Lakkolithe (1877), *Sueß* am Beispiele der Euganeen für die eigentlichen Vulkane (1884) auf.

Aber die Auffassung des Alters oder der Entwickelungsstufe stand in zweiter Linie und trat hinter der Auffassung des inneren Baus und der Art der umbildenden Kräfte an Bedeutung für die Erkenntnis der Oberflächenformen zurück. Erst *Davis* hat seit 1884[1]) die Bedeutung der Zeit oder des Alters in den Vordergrund gerückt. „Die Zeit (*Time*)" sagt er in dem Aufsatz von 1899 über den geographischen Zyklus[2]), „vollendet das Trio der geographischen Bedingungen (*Controls*) — nämlich neben dem inneren Bau (*Structure*) und der Art der oberflächlichen Umbildung (*Process*) — und hat von den dreien die häufigste Anwendung und den größten praktischen Wert für die geographische Beschreibung." Auch in seinen Grundzügen der Physiogeographie steht die Würdigung des Alters voran, und jeder aus der *Davis*schen Schule hervorgegangene Forscher bestimmt bei der Charakteristik einer Landschaft zuerst deren Alter und legt auf dieses den größten Wert für die geographische Beschreibung.

Bei dem großen Einflusse, den diese Auffassung gewonnen hat, ist es nötig, sich mit ihr auseinanderzusetzen.[3])

Davis vergleicht die Entwickelung einer Formenreihe, wofür er den Ausdruck Zyklus einführt, mit einem Leben und legt der Charakteristik der Oberflächenformen den Vergleich mit den Lebensaltern zu Grunde. Wenn wir uns, ihm folgend, zunächst auf die Ausgestaltung der Landoberfläche in feuchtem Klima, hauptsächlich durch die Arbeit des fließenden Wassers, der feuchten Verwitterung und des Regenwassers, also auf seinen „normalen Zyklus" beschränken, so entspricht der durch das Auftauchen des Landes aus dem Meere und die Hebung bis zu einer gewissen Höhe über dem Meere gegebene Zustand, der sog. Urzustand, der Kindheit, während die darauf folgenden Entwicklungszustände als Jugend, Frühreife, Reife, Spätreife, Alter und Greisenalter bezeichnet werden. Dieses wird

1) *Proc. Am. Soc. for the Advancement of Science* XXXIII, 1884.

2) *Geographical Journal* XIV S. 481, *Essays* S. 249.

3) Meine Kritik berührt sich zum Teil mit der *Passarges* (Physiologische Morphologie S. 17 bez. 149f.), ist aber ganz unabhängig davon entstanden; ich habe ihr ja in kurzen Bemerkungen schon seit langem Ausdruck verliehen.

durch den Verlust aller aufragenden Formen und fast vollständige Einebnung gekennzeichnet, ähnelt also wieder dem Zustande der Kindheit, nur in einer tieferen Lage. Der Grund des Vergleiches ist der Grad der Entwickelung. Ähnlich wie der Charakter des Kindes ist auch die Landoberfläche im Zustande der Kindheit gleichartig, undifferenziert. Beim Lebewesen sowohl wie bei der Landoberfläche nimmt die Ausbildung der Formen allmählich zu. Ähnlich wie das Lebewesen in einer gewissen Zeit, der Zeit der Reife, die höchste Entfaltung aller Kräfte und Eigenschaften zeigt, so hat auch die Landoberfläche eine Zeit der reichsten Gliederung und Ausbildung der Formen, nämlich wenn die Flüsse das Einschneiden in die Tiefe vollendet haben. Dann beginnt beim Lebewesen eine Abnahme der Kräfte, ein Verfall, unter Umständen sogar eine Verminderung der Größe, und in ähnlicher Weise verlieren auch die Kräfte der Erdoberfläche an Intensität und schwächen die Formen bis zum vollständigen Erlöschen.

Es seien mir zunächst eine sprachliche und eine methodische Bemerkung gestattet!

Ein Vergleich von Vorgängen der anorganischen Natur mit Lebensvorgängen kann als gelegentliches Bild der Anschauung dienen, die Vorstellung beleben, schön und wirkungsvoll sein. Wenn er dagegen immer wieder kommt und zu Tode gehetzt wird, so wirkt er ermüdend, und wenn er über die Grenze geführt wird, wo er noch paßt, so wirkt er geschmacklos. Ich kann mir allenfalls noch vorstellen — wir kennen diese Vorstellung ja aus dem Volksmärchen —, daß ein altes Lebewesen plötzlich wieder jung wird; aber die in den Beschreibungen der *Davis*schen Schule oft wiederkehrende Vorstellung, daß in ein altes oder greisenhaftes Geschöpf ein junges oder reifes eingeschnitten sei, fällt aus dem Bilde ganz heraus.

Der Vergleich von Vorgängen der anorganischen Natur mit Lebensvorgängen ist die charakteristische Vorstellungsweise der Naturvölker, ist an sich nicht wissenschaftlich, sondern mythologisch. Die Wissenschaft hat die Belebung und Beseelung der anorganischen Natur im Laufe der Zeit überwunden, sucht die Vorgänge der anorganischen Natur als solche zu erkennen und nach Möglichkeit auch die Vorgänge der organischen Natur auf sie zurückzuführen, verfährt also gerade umgekehrt. Gegen den Vergleich als Bild ist nichts einzuwenden; aber wenn die Wissenschaft den Ver-

gleich durchführt und ihre Terminologie darauf begründet, so besteht die Gefahr, daß sie dadurch zu erklären meint, sich damit zufrieden gibt und auf die genaue physikalische oder chemische Analyse der einzelnen Vorgänge und die strenge Untersuchung des ursächlichen Zusammenhanges der verschiedenen Vorgänge verzichtet. Ich kann mich des Eindruckes nicht erwehren, daß *Davis* und seine Anhänger dieser Gefahr erlegen sind, wenn sie eine gleichzeitige und harmonische Änderung der verschiedenen Eigenschaften oder Formmerkmale der Täler und überhaupt der Landoberfläche annehmen, ohne die Fäden des ursächlichen Zusammenhanges zwischen ihnen aufzuzeigen.

Davis' Bezeichnung der Oberflächenformen nach dem Alter ist nicht klar und unzweideutig. Sie soll nicht bloß chronologischen Wert haben, eine Zeitbestimmung sein, sondern auch den Grad der Entwickelung der Formen ausdrücken. Aber jede Entwickelung verläuft in der Zeit, hat einen bestimmten zeitlichen Ablauf; man muß sich Rechenschaft darüber geben, wie lange Zeit sie in Anspruch nimmt, und ob sich die gleiche Entwickelung überall in der gleichen Zeit oder in verschiedenen Fällen in verschiedener Zeit vollzieht. *Davis* spricht aber bald von der Zeit (*time*), bald von der Entwickelungsstufe (*stade*). Aus diesem Widerspruche muß man wohl einerseits die Erkenntnis, daß der Ablauf der Umbildung und Zerstörung nicht proportional der Zeit ist, aber andererseits die hohe Einschätzung der Bedeutung der Zeit für diesen Ablauf herauslesen.

Penck hat in der Besprechung einer Arbeit von *Dietrich*[1]) als ein besonders wichtiges Ergebnis den Nachweis hingestellt, daß das Moseltal in seinen verschiedenen, offenbar zur gleichen Zeit gebildeten Teilen ganz verschiedene Alterszustände zeige, daß diese Alterszustände also nicht durch die Länge der abgelaufenen Zeit bestimmt seien. Er schlägt darum vor, das morphologische Alter von dem wirklichen oder geologischen Alter zu unterscheiden. Bei diesem Vorschlage denkt er an die verschiedene Schnelligkeit des Alterns bei verschiedenen Menschen und gar bei verschiedenen Arten von Tieren; mit 15 Jahren, hat er einmal gesagt, sei eine Dame jung, ein Hund dagegen alt. Aber den verschiedenen Teilen eines und desselben Lebewesens kann man doch nicht verschiede-

1) Ztschr. d. Ges. f. Erdkde. 1912 S. 298.

nes Alter zuschreiben! In exakter Ausdrucksweise sollte man die Bezeichnung nach dem Alter nur für die Zeitdauer verwenden; die Entwickelungsstufe sollte man davon unterscheiden, weil die Schnelligkeit der Entwickelung außer von der Zeitdauer in sehr hohem Maße von der Intensität der zerstörenden Vorgänge und der Härte oder überhaupt Widerständigkeit des Gesteines abhängt.

Wenn Alter nicht gleich Zeit sein, sondern den Grad der Entwickelung bezeichnen soll, der von der Länge der Zeit und der Schnelligkeit der Entwickelung zugleich bestimmt wird, so ist es offenbar kein einfacher, sondern ein zusammengesetzter genetischer Begriff, in dem zwei unbekannte Komponenten zu einer Resultante verbunden sind. Die Bezeichnung nach dem Alter im Sinne von Entwickelungsstufe ist daher, was merkwürdigerweise *Davis* und seinen Schülern nicht zum Bewußtsein gekommen zu sein scheint, überhaupt keine Erklärung, sondern nur eine Beschreibung, bei der es dahingestellt bleibt, welchen Einfluß die Länge der verstrichenen Zeit und welchen die Widerständigkeit des Gesteines hat. Um eine Erklärung zu sein, muß die Entwickelungsstufe in ihre beiden Komponenten, nämlich die verstrichene Zeit und die Schnelligkeit der Entwickelung, zerlegt werden.

Einer sachlichen Prüfung bedarf die Frage, in welcher Schnelligkeit sich die Vorgänge der Talbildung abspielen, in welchem Tempo die verschiedenen Entwickelungsstufen durchlaufen werden. Es handelt sich dabei nicht um eine Angabe in Jahren, was wohl noch auf lange hinaus unmöglich sein wird, sondern um eine Beziehung auf die geologischen Perioden. Auch wenn die Dauer des Ablaufes in verschiedenen Fällen verschieden ist, werden wir uns doch eine ungefähre Vorstellung davon machen müssen. Die Ansichten über die Länge der erforderlichen Zeit scheinen aber ziemlich auseinanderzugehen. Während man anfangs für die Ausbildung der Täler bis zur Erreichung des Gleichgewichtsprofiles und dann namentlich für die Einebnung einer Landschaft ziemlich lange geologische Zeiträume in Anspruch nahm, preßt man sie heute in kurze geologische Zeitabschnitte hinein. Ich kann mir vorstellen, und ich habe es selbst schon 1887 nachzuweisen versucht, daß manche Täler erst nach der Haupteiszeit eingeschnitten worden sind. Aber die späteren Stadien der Oberflächengestaltung, die Erreichung des Gleichgewichtsprofiles, die Abflachung der Hänge bis zu ihrer Einebnung und gar die Ausbildung eines ganzen Talnetzes nehmen, wie *Davis* selbst ausführt,

sehr viel mehr Zeit in Anspruch als das Einschneiden. Wenn sich alle diese Vorgänge in kleinen Abschnitten der Tertiärzeit nicht nur einmal, sondern mehrmals wiederholt vollzogen haben sollen, so müssen sie viel schneller vor sich gehen, als man gewöhnlich meint, oder die geologischen Perioden müssen noch viel länger gewesen sein, als wir sonst anzunehmen genötigt sind. Wir müßten uns dann, wie *Davis* anerkennt, auch wundern, daß wir in der Natur so selten alten und greisenhaften Tälern begegnen, die der Gegenwart angehören; denn die greisenhaften Täler, die man anführt, sind, falls es überhaupt Täler und keine Dellen sind, sämtlich fossil, stammen aus längst vergangenen Perioden. Hier liegt jedenfalls ein Stein des Anstoßes, der aus dem Wege geräumt werden muß, ehe der Weg als gangbar betrachtet werden kann.

2. Merkmale des Alters.

Für unsere jetzige Untersuchung über die Bedeutung der Entwickelungsstufen für den Charakter der Täler und die Formen der Landoberfläche überhaupt ist noch wichtiger als die Frage nach der Dauer der Entwickelungsvorgänge die Frage nach ihrem Wesen und ihrer Tragweite, die Frage, ob die Formmerkmale, die als Merkmale der Entwickelungsstufe angeführt werden, das auch wirklich sind, d. h. auf einander folgen und aus einander hervorgehen, oder ob sie nicht vielmehr unter verschiedenen Bedingungen des inneren Baus und des Klimas neben einander entstehen, also überhaupt keine Entwickelungsstufen, sondern verschiedene Arten der Entwickelung sind. Zur Vereinfachung der Untersuchung will ich mich im ganzen auf die Formmerkmale der Täler beschränken, die ja die maßgebende Erscheinung aller durch Erosion des fließenden Wassers geschaffenen Landschaften sind.

Das erste Merkmal ist das Gefäll oder Längsprofil der Täler. Der Anfangszustand und auch noch die Entwicklungsstufen der Kindheit und Jugend hängen von der tektonischen Oberfläche ab und werden daher in Gebieten verschiedenen inneren Baus verschieden sein. Wo die tektonische Oberfläche überall beträchtliche Neigungswinkel hat, wie es bei Vulkanen und Faltengebirgen wohl der Fall ist, können die Gewässer sofort überall einschneiden (s. o. S. 34). Wo dagegen die tektonische Oberfläche flach ist und nur am Rande eine Stufe bildet, wie in Tafel- und Rumpfgebirgen, können die Gewässer zunächst nur am Rande einschneiden und die Erosion

nur allmählich rückwärts verlegen. Jeder Flußlauf setzt sich hier aus einer oberen Strecke trägen, ruhigen Laufes und einer unteren Strecke steileren Gefälles und rascheren Laufes zusammen; je größer der Fluß ist, um so schneller wird die letztere aufwärts vordringen. Sowohl im ersten Falle überall gleichzeitig einsetzender wie im zweiten Falle allmählich rückwärts schreitender Erosion wird die Stärke des Gefälles und die Geschwindigkeit des Laufes zum Teil von dem Höhenunterschiede zwischen Kamm und Fuß des Gebirges abhängen. Aber wir dürfen uns nicht durch unsere Erfahrungen in den Alpen täuschen lassen; die Unfertigkeit und Wildheit der alpinen Täler ist keine Folge der Höhe des Gebirges, sondern seiner ehemaligen Vergletscherung, und kehrt in dieser Form in unvergletscherten Hochgebirgen nicht wieder. Die Schnelligkeit des Einschneidens hängt auch von der Wasserführung, also mittelbar von der Feuchtigkeit des Klimas und Bodens, und andererseits von der Widerständigkeit des Gesteines ab; wo harte und weiche Gesteine wechseln, wechseln auch Strecken stärkeren und schwächeren Gefälles. So treten die Flüsse in ihrer Jugend in sehr verschiedener Form auf; aber gemeinsam ist ihnen allen die Unfertigkeit und die Abhängigkeit vom Bau und der tektonischen Oberfläche. Sie streben einem gemeinsamen Ziele zu, nämlich der Gleichgewichtskurve, die nicht von der tektonischen Oberfläche, sondern nur von der Wasserführung abhängt, bei großen Flüssen flach, bei kleineren, also namentlich an allen Quellbächen, steiler ist. Diese Gleichgewichtskurve wird zwar, je nach den Verhältnissen, in verschiedener Zeit erreicht, stellt aber eine bestimmte Entwicklungsstufe dar. Man kann diese mit *Davis* als den Zustand der Reife bezeichnen; denn abweichend von *Passarge* halte ich den Ausdruck „reif", in dem sprachlich nichts von Zeit liegt, der vielmehr nur einen Zustand bezeichnet, für weniger bedenklich als die eigentlichen Altersbezeichnungen; man muß sich nur vor der sprachlichen Barbarei hüten, das Wort „reif" auch als Umstandswort zu gebrauchen und von „reif" eingeschnittenen Tälern statt „bis zur Reife" eingeschnittenen Tälern zu sprechen. Das Gleichgewichtsprofil ist, wie wir gesehen haben (S. 37 f.), für die theoretische Betrachtung nicht endgültig; im Verfolge der Abtragung wird die Schuttzufuhr immer geringer, eine geringere Wasserkraft genügt, um sie zu bewältigen, so daß bei gleichbleibender Wassermenge das Gefälle immer mehr abnehmen kann. Das sind nach *Davis*scher Bezeichnung die Entwicklungsstufen des Alters und der Greisenhaftig-

keit. Es muß aber beachtet werden, daß sie nur theoretisch abgeleitet und noch kaum in der Natur beobachtet und wohl auch schwer von der Stufe der Reife zu unterscheiden sind.

Mit der Ausbildung des Längsprofiles geht die Ausbildung der Talsohle Hand in Hand; sie stellt demnach ein zweites Merkmal zur Bestimmung und Charakteristik der Entwickelungsstufe dar. Während der Fluß in die Tiefe arbeitet, arbeitet er zwar auch nach der Seite; aber diese Seitenerosion verbindet sich mit der Tiefenerosion zu einem seitlichen Hinabgleiten und einem Ausziehen der eingesenkten Mäander. Nur örtlich, namentlich in einer oberhalb eines Felsriffes gelegenen Zone weicheren Gesteines, können sich schon auf dieser Entwickelungsstufe breitere Talböden bilden. Im allgemeinen wird die Seitenerosion erst im Zustande des Alterns, wenn die Tiefenerosion zum Stillstande kommt, eine breite Talsohle schaffen und die Kerbtäler, nach dem Ausdrucke von *Passarge*, in Sohlentäler verwandeln. Wenn demnach einzelne Strecken eines breiteren Talbodens nichts für die Entwickelungsstufe beweisen, so werden wir einen am ganzen Flußlaufe entlang ziehenden, zusammenhängenden Talboden ebenso gut wie die Gleichmäßigkeit des Gefälles als Beweis dafür ansehen müssen, daß der Zustand des Gleichgewichts oder der Reife erreicht ist. Von nun an scheint aber keine weitere Verbreiterung stattzufinden, außer wenn bei einer Senkung des Landes oder bei einer Klimaänderung der Fluß anfängt aufzuschütten und dabei auch den unteren Teil der Hänge mit seinen Aufschüttungen überdeckt. Das Ausmaß der Breite hat daher wahrscheinlich nichts mit dem Alter zu tun, sondern hängt von der Größe des Flusses und wohl auch vom Gestein ab.

Als ein drittes Merkmal für das Alter der Täler betrachten *Davis* und sein Gefolge die größere oder geringere Steilheit der Talhänge. Junge Täler sollen mehr oder weniger senkrechte Wände haben — die Cañonform wird ausdrücklich mehr auf Rechnung der jungen Hebung und der Jugendlichkeit der Talbildung als auf Rechnung des Trockenklimas gesetzt —, reife Täler mäßig geneigte Hänge, alte und greisenhafte Täler ganz flache Hänge. Diese Auffassung geht von der richtigen Unterscheidung zwischen dem Einschneiden der Flüsse, das wenigstens auf geradlinigen Strecken und auf den Prallseiten der Windungen senkrechte, ja überhängende Wände schafft, und der Abschrägung der Hänge durch die Einwirkung der Verwitterung, der Schwere und des Regen- und Bodenwassers aus. Aber

sie begeht den Fehler, daß sie diese als Abstraktion richtige Unterscheidung zu einer tatsächlichen Unterscheidung macht, die Abschrägung der Flußerosion nachfolgen läßt, den Akt der Talbildung in zwei auf einander folgende Akte, den des Einschneidens und den der Abschrägung der Hänge, zerlegt. Tatsächlich beginnt die Abschrägung der Hänge durch die Verwitterung und Abtragung sofort mit dem Einschneiden. Ob sie mit ihm Schritt hält oder nicht, und welche Formen sie im einzelnen erzeugt, hängt von der klimatisch bedingten Stärke der Kräfte und von der Beschaffenheit des Gesteines ab. In lockerem oder weichem Material kann sich ein steiler oder gar senkrechter Talhang, wie er nach der *Davis*schen Theorie im Jugendzustande vorhanden sein sollte, auch während der kürzesten Zeitspanne nicht erhalten. Vielmehr tritt unter dem Einflusse der Schwere und der Verwitterung und Abtragung sofort Abschrägung ein, deren Betrag von der Kohäsion des Gesteines abhängt; die Talhänge, auch wenn sie noch so jung sind, zeigen von Anfang an die vermeintlichen Merkmale der Reife, stehen also in Widerspruch zu dem unausgeglichenen, noch im Jugendzustande befindlichen Profile des Talbodens.[1]) Das junge Tal hat „altes" Gepräge; wofür z. B. die Täler im Tone der Woëvre sehr charakteristisch sind. Auch in hartem, aber undurchlässigem Gestein, wie den meisten kristallinischen Gesteinen, schrägt, wenigstens in feuchtem Klima, das spülende Wasser zusammen mit der Kriechbewegung die Hänge rasch ab; ein Cañon, wenn man diesen Begriff nicht ungebührlich erweitern will, kann hier nie zu Stande kommen. Umgekehrt bleiben in trockenem Klima oder in durchlässigem Gestein, in denen beiden das spülende Wasser fehlt, sehr steile Wände bestehen, auch wenn die Talsohle das Gleichgewichtsprofil zeigt und durch seitliche Erosion verbreitert ist, wie z. B. in den meisten Tälern im Kalke der schwäbischen Alb. Wer im Bilde der Lebensalter bleiben will, kann ein solches reifes Tal mit „jugendlichen" Talhängen etwa als eine Frau von reifem Alter, aber mit jugendlicher Toilette bezeichnen. Die Steilheit der Hänge ist demnach nur in untergeordnetem Maße ein Merkmal des Alters, hängt vielmehr in der Hauptsache von Klima und Gestein ab.

Ein viertes Merkmal für das Alter der Täler soll die Dichte und

1) Daß auch dieses sofort ausgeglichen sei, wie *Davis-Braun*, Grundzüge S. 198 (2. Aufl. Bd. II S. 102), behaupten, ist unrichtig.

Verzweigung des Talnetzes abgeben. Im Jugendzustande sollen die Talnetze weitmaschig, die Täler wenig verzweigt und dem entsprechend die Gebirgskörper oder Hochlandsstücke wenig zertalt und auf große Strecken unversehrt erhalten sein. Im Laufe der Zeit sollen Erosion und Talbildung immer mehr um sich greifen, an Boden gewinnen, und als Merkmal der Reife wird angesprochen, daß die Talbildung das ganze Gebiet ergriffen habe und die ursprüngliche Oberfläche nirgends mehr unversehrt sei. Der Zustand der Reife war vorher dahin definiert worden, daß die größeren Täler das Gleichgewichtsprofil erreicht hätten. Es muß also nachgewiesen werden, daß dieses zur selben Zeit geschieht, in der sich die Talbildung des ganzen Gebietes bemächtigt hat. Diesen Nachweis vermisse ich bei *Davis* und seiner Schule, und ich sehe auch keinen Grund für einen so engen Zusammenhang zwischen den beiden Erscheinungen ein. Der Begriff der Reife würde demnach durch die Begründung auf zwei verschiedene und von einander unabhängige Merkmale zweideutig werden. Der Eroberungszug der Erosion verläuft auch in Gebieten von verschiedenem Bau verschieden. In Vulkanlandschaften und Kettengebirgen wird das ganze Land unmittelbar und schnell von der Erosion ergriffen, so daß dieses Merkmal der Reife immer schnell erreicht wird, in einer Zeit, in der alle Flüsse noch wilde Gebirgsflüsse sind, lange bevor die Talsohlen das Gleichgewichtsprofil bekommen haben; man sehe sich doch einmal irgend ein Kettengebirge (außer Kalkgebirgen) daraufhin an! In Rumpf- und Tafelländern dagegen dauert es lange, bis die Erosion das ganze Gebiet ergreift; die größeren Flüsse haben längst schon ruhigen Lauf, wenn noch große Platten oder Tafeln unzerschnitten sind. Dichte und Verzweigung des Talnetzes hängen demnach mehr vom inneren Bau und auch vom Klima als von der Entwickelungsstufe ab.

Ein fünftes Merkmal wird im Verhältnis der Täler zum inneren Bau gesucht. Soweit die Täler nicht während der Aufwölbung des Gebirges von sie besiegenden Flüssen eingeschnitten werden, die Hebung überleben, also nach *Powells* Bezeichnung antezedent sind, was wohl immer nur bei einzelnen großen Tälern der Fall sein dürfte, hängen sie zunächst vom Gebirgsbau ab. Im Laufe der Zeit wird diese Abhängigkeit durch die Arbeit der Flüsse selbst immer mehr aufgehoben: die durch feuchtes Klima oder große Höhenunterschiede oder geringen Widerstand des Gesteines begünstigten Flüsse dringen erobernd in das Gebiet der minder begün-

stigten Flüsse vor und überwinden die tektonisch angelegten Wasserscheiden. In Tafel- und Rumpfländern bilden sich auch neue Täler aus. Darum kann man wohl sagen, daß sich die Täler allmählich aus ihrer Abhängigkeit von der tektonischen Oberfläche befreien und sich den Bedingungen ihrer Arbeit, also einerseits der verschiedenen Wasserführung, andererseits der Härte oder überhaupt Widerständigkeit des Gesteines, anpassen. Reichliches Auftreten nachträglich gebildeter Täler kann in der Tat als ein Merkmal fortgeschrittener Entwickelung angesehen werden (vgl. o. S. 44 f.). Aber dieses Merkmal läßt sich schwer mit bestimmten Entwickelungsstufen verknüpfen. Man muß auch immer erst sorgfältig prüfen, ob nicht doch tektonische Verhältnisse, z. B. kleine Verwerfungen und Klüfte, die Talrichtung bestimmen; wahrscheinlich ist das bei manchen sogenannten subsequenten Tälern der Fall.

Die für das Alter oder die Entwickelungsstufe der Täler angeführten Merkmale haben verschiedenen Wert. Der Eintritt des Gleichgewichtsprofiles und die Ausbildung einer breiten Talsohle können als gute Merkmale einer bestimmten, in der Hauptsache von der abgelaufenen Zeit abhängigen Entwickelungsstufe gelten. Auch die Verzweigung der Täler und ihre größere oder geringere Abhängigkeit von der ursprünglichen tektonischen Oberfläche folgen bis zu einem gewissen Grade aus der Entwickelungsstufe; aber man wird sie kaum in eine bestimmte zeitliche Beziehung zum Eintritte des Gleichgewichtsprofiles und der Ausbildung eines Talbodens setzen und mit diesen zur Charakteristik eines bestimmen Alters verbinden können. Die Ausbildung der Hänge dagegen, von der doch die Physiognomie der Täler vor allem bestimmt wird, hängt von der Entwickelungsstufe nur nebensächlich ab. Nicht nur tritt die Abflachung in manchen Fällen so früh, daß *Davis* von reif geborenen Tälern spricht, und in anderen Fällen so spät ein, daß man von ewig jungen Tälern sprechen könnte; vielmehr wird sie überhaupt weniger durch die Entwickelungsstufe als durch das Klima und das Gestein und dessen Lagerungsweise bestimmt. Es ist ein verhängnisvoller Irrtum, wenn man meint, auch die Form der Talhänge durch die Angabe des Alters charakterisieren zu können.[1])

1) Später haben auch *Davis* selbst (Erklärende Beschreibung der Landformen S. 183) und *Rühl* (Eine neue Methode der Geomorphologie S. 89) anerkannt, daß das Alter der Talsohle, das Alter der Hänge und die Ausbildung des Talnetzes drei verschiedene Dinge seien. Daraus wäre aber der

Wenn eine wissenschaftliche Annahme mehr als ein Gedankenspiel sein soll, muß sie an der Wirklichkeit geprüft werden, und wo das Experiment nicht anwendbar ist, geschieht diese Prüfung durch Vergleich. Nicht umsonst hat *Peschel* die vergleichende Methode in die Geographie eingeführt; der methodische Fortschritt, den wir über ihn hinaus gemacht haben, besteht nicht etwa in einem Verzicht auf sie, sondern in ihrer gründlicheren Ausübung nicht nur an der Hand von Übersichtskarten, sondern an der Hand von Spezialkarten und noch mehr der unmittelbaren Beobachtung in der Natur. Die geographische Vergleichung bedient sich immer am besten der Karte. Die Forderung *Passarges*, daß jede morphologische Arbeit von einer morphologischen Karte begleitet sein sollte, geht zu weit und ist namentlich unter den heutigen Verhältnissen nicht durchführbar; aber im Grundsatze ist sie richtig. Jede geographische Hypothese muß, wenigstens in einigen typischen Beispielen, an der Karte erprobt werden. Ehe man sich in dem Gedankengebäude der Altersauffassung wohnlich einrichtet, ist man verpflichtet, durch Belastungsproben zu beweisen, daß die Balken das Gebäude tragen. Man müßte für verschiedene mannigfaltig gebaute Gebiete Karten zeichnen, in denen auf Grund der verschiedenen angegebenen Merkmale: des Längsprofiles, der Breite der Talsohle, der Form der Hänge, der Dichte des Talnetzes und des Verhältnisses zum inneren Bau, das Alter der Täler eingetragen würde. Aus einer solchen Karte würde sich ergeben, ob diese verschiedenen Merkmale unter einander übereinstimmen oder ob sie verschieden verteilt, ob und in welchem Maße sie an die verschiedenen Gesteine und ihre Lagerungsverhältnisse gebunden sind und, beim Vergleiche entfernterer Gegenden, zum Klima in Beziehung stehen, und ob sich wirklich eine über Gestein und Klima hinausgehende Gemeinsamkeit der Eigenschaften ergibt, die man auf das Alter, d. h. die Länge der seit der Anlage verflossenen Zeit, zurückführen kann. Es wäre auch zu prüfen, ob die theoretisch aufgestellten Altersstufen wirklich in der Natur auftreten und ob ihre Häufigkeit bemerkenswerte Unterschiede zeigt,

---

logisch richtige Schluß, auf eine allgemeine Altersbezeichnung zu verzichten und die auf das Alter begründete Terminologie zu opfern oder doch auf die Charakteristik der Talsohle zu beschränken. Im Verfolg der Darstellung werden aber immer wieder die Täler im ganzen als jung, reif oder alt charakterisiert, ohne daß jener Verschiedenheit der Ausbildung Rechnung getragen würde.

was für die Entstehungsgeschichte von großer Bedeutung sein würde. Gibt es überhaupt alte, d. h. zwischen Reife und Greisenhaftigkeit mitten inne liegende Talformen anderswo als in Ton oder ähnlichem weichem, undurchlässigem Gestein, wo das „Alter" lediglich auf der Gesteinsbeschaffenheit beruht? Kommen überhaupt „greisenhafte Täler" vor, bei denen vorangehende Talzustände nachgewiesen sind? Die sogenannten greisenhaften Täler der Hochflächen sind in Wahrheit meist Dellen, d. h. größere Regenrinnen, und bei den Tieflandstälern muß doch immer erst nachgewiesen werden, daß sie vorher Gebirgstäler waren.

Es ist nicht etwa bloß ein terminologisches Bedenken gegen den Vergleich mit dem Leben und die dadurch unklare und unbestimmte Ausdrucksweise, sondern eine sachlich verschiedene Auffassung des Wesens der Erscheinung, was mich zum Widerspruche gegen *Davis'* Charakteristik der Täler bestimmt. Es soll gern anerkannt werden, daß er und seine Anhänger durch die eingehende Berücksichtigung der Entwickelungsstufen manche Erscheinung erklärt und unsere Erkenntnis bereichert haben; aber sie gehen viel zu weit, schieben die Entwickelungsstufe viel zu sehr in den Vordergrund, lassen die verschiedene Art der Ausbildung viel zu sehr zurücktreten, sind zu einseitig in der Charakteristik der Talformen wie der Formen der Landoberfläche überhaupt. Diese Einseitigkeit ist es, wogegen wir anderen uns wenden; wir sehen darin einen Schematismus und zwar einen oft recht öden Schematismus, aber keine Wiedergabe der lebendigen Wirklichkeit. Wir wollen die Auffassung der durch Bau und Klima bedingten Mannigfaltigkeit der Formen nicht verkümmern lassen und halten vielseitigere Betrachtung für nötig.

Wenn ein hervorragender Forscher einen Irrtum begeht, wenn viele andere Forscher diesem Irrtum teils begeistert zustimmen, teils ihn wenigstens stillschweigend übernehmen, so muß man sich nach dem psychologischen Grunde fragen. Ich glaube, daß er in der eigenartigen wissenschaftlichen Methode, nämlich in der Bevorzugung der Deduktion und in deren besonderer Art liegt. Die Deduktion wird immer dazu neigen, eine Ursachenreihe und zwar eine möglichst einfache Ursachenreihe in den Vordergrund zu schieben und die anderen Urachenreihen, besonders wenn sie sich noch nicht deduktiv auffassen lassen, zu vernachlässigen. Bei *Davis* besteht diese Einseitigkeit der Deduktion in der vorzugsweise geometrischen Auffassung und der Vernachlässigung der nur durch ein-

dringende Beobachtungen im einzelnen, nach *Passarges* Ausdruck physiologisch, aufzufassenden Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen. Seine Betrachtungsweise beruht auf zwei einfachen geometrischen Konstruktionen: er läßt die Talsohle nach und nach immer mehr die Form einer regelmäßigen Kurve annehmen und diese immer flacher werden, und er läßt auch die Talhänge nach und nach immer flacher werden, bis sie sich der Wagrechten nähern. Der Neigungswinkel sowohl der Talsohle wie der Talhänge erscheint ihm daher als eine Funktion der Zeit oder, da ihn die Erfahrung den Einfluß der Gesteinsbeschaffenheit lehrte, als Funktion der aus Länge der Zeit und Schnelligkeit des Vorganges zusammengesetzten Entwickelungsstufe. Die verschiedenen Eigenschaften des Gesteines sowie der verschiedene Charakter der umbildenden Vorgänge fügen sich nicht in das deduktiv-geometrische Schema ein und werden darum nicht berücksichtigt.

3. Die Typen der Talformen.

Die Wissenschaft muß sich vor nichts so sehr hüten, als die Forschung zu überstürzen und wesentliche Zwischenstufen der Erkenntnis zu überspringen. Sie muß überall mit der zergliedernden Beschreibung, d. h. mit der möglichst objektiven Wiedergabe der einzelnen beobachteten Tatsachen, beginnen. Allmählich stellt sich heraus, daß gewisse Eigenschaften immer mit einander verbunden sind; man kann dann Typen aufstellen, die sich aus dem ständigen Zusammensein eben dieser Eigenschaften ergeben. Sie sind noch rein beschreibend, aber da das ständige Zusammensein der Eigenschaften in der Entstehung begründet ist, bedeutet ihre Aufstellung einen wichtigen Schritt zu genetischer Auffassung. Das ist eine Stufe der Erkenntnis, die in allen Beobachtungswissenschaften wiederkehrt und auch von der Logik als besondere Stufe der wissenschaftlichen Erkenntnis anerkannt wird. In der Morphologie der Erdoberfläche sind gewisse allgemeine genetische Typen schon sehr früh aufgestellt worden und durch die Vermittelung der Schule längst in das allgemeine Bewußtsein übergegangen. In bewußter wissenschaftlicher Absicht hat namentlich *Richthofen* in seinem klassischen, von den jüngeren Morphologen viel zu wenig beachteten „Führer für Forschungsreisende" von solchen Typen Gebrauch gemacht. Auch die wissenschaftliche Auffassung der Talformen wird beim heutigen Stande unserer Erkenntnis am besten Taltypen unterscheiden, die zunächst

beschreibend sind, aber im Keime schon ihre verschiedene Entstehung enthalten. Diese Typen dürfen nicht auf eine Eigenschaft, sondern müssen auf die Gesamtheit der Eigenschaften begründet werden, wobei aber den Eigenschaften, die im Landschaftsbilde stärker hervortreten und auch für die Lebewelt und im besonderen für den Menschen wichtiger sind, größere Bedeutung zuzuerkennen ist als den übrigen. Die Anordnung der Täler und ihre Stellung im Gebirgsbau ist etwas für sich, was hier außer Betracht bleibt; hier handelt es sich um die Form der Täler und Talstücke, denn ein und dasselbe Tal kann in seinen verschiedenen Stücken verschiedene Form haben. Dabei kommt es in gleicher Weise auf den Grundriß, das Längsprofil, die Breite der Talsohle und die Form der Hänge an.

Als ersten Typus können wir die Täler hinstellen, die sich ganz oder doch überwiegend als Einschnitte des fließenden Wassers mit geringfügiger Umbildung durch andere Kräfte darstellen. Ihm gehören viele Klammen der Alpen an, und man kann darum allgemein vom Klammtypus sprechen, womit aber natürlich nicht gesagt sein soll, daß alle Täler, auf die der Volksmund oder der touristische Sprachgebrauch den Namen Klamm anwenden, darunter fallen, oder daß andererseits nicht auch Täler dazu gehören, die man gewöhnlich nicht Klammen nennt. Die Klamm ist oben nicht oder kaum breiter als unten, die Wände haben also überall gleichen und zwar ganz geringen Abstand von einander, sind senkrecht oder stellenweise sogar übergeneigt, bestehen ganz aus anstehendem Fels und zeigen oft deutliche Spuren der Wasserwirkung. Von einem Talboden ist nicht die Rede, die ganze Sohle wird von dem wild dahinstürmenden Flusse eingenommen. Meist hat die Klamm beschränkte Ausdehnung: nach aufwärts und abwärts öffnet sie sich in ein weiteres Tal mit flacheren Hängen. Die meisten Klammen sind in breitere, glaziale Talböden, namentlich die Böden von Hängetälern, eingesenkt oder zerschneiden Felsriegel, die alten glazialen Talböden zugehören. Sie scheinen also nie selbständige Täler, sondern immer nur die tieferen Teile von Tälern und zwar von glazial umgebildeten Tälern zu sein. Sie finden sich auch am unteren Ende heutiger Gletscher. Manchmal sackt sich dieser von oben herein, während unten das Schmelzwasser abfließt. Auch in den Klammen alter Glazialtäler kann man Spuren von Bearbeitung durch Gletscher finden. So scheint ihre Entstehung mit der Vergletscherung zusammenzuhängen; vielleicht sind sie oft unter den Gletschern von deren

Schmelzwässern gebildet worden. Das würde erklären, daß sie gegen die Verwitterung und das spülende Regenwasser geschützt waren. Sonst hat vielleicht die Härte und Glätte des alten Gletscherbodens den zerstörenden Kräften den Angriff verwehrt. In jenem Falle würde ihre Bildung glazial, in diesem postglazial sein, wobei die Worte glazial und postglazial nicht die Beziehung zu den Eiszeiten, sondern zu den betreffenden Gletschern ausdrücken sollen. Auf die eine oder andere Weise scheinen die Gletscher bei ihnen Taufpate gestanden zu haben. Es ist zweifelhaft, ob man in unvergletscherten Gebieten Täler von diesem reinen Erosionscharakter der eigentlichen Klammen findet. Höchstens könnte man bei manchen aus Höhlengängen entstandenen Tälern in Karstgebieten daran denken.

Man hat manchmal die Cañons als Klammen betrachtet; aber mit Unrecht. Einen so reinen Erosionscharakter tragen auch die großartigsten und typischsten Cañons nicht. Das spanische Wort Cañon[1]), das Röhre oder Kanone bedeutet, ist in den Kordillerenländern Süd- und Nordamerikas den dortigen tief eingeschnittenen und steilwandigen Tälern beigelegt worden und von da als Gattungsbegriff in die Wissenschaft gekommen. Man hat den Begriff neuerdings in zweifacher Richtung umändern wollen; einerseits hat man ihn erweitert und auf alle als jung aufgefaßten V-täler wie das Rhein- und Moseltal angewandt, andererseits hat man ihn auf die tiefen engen Täler in Tafelländern oder Plateaus beschränkt.[2]) Jene Erweiterung des Begriffes ist ebenso unzweckmäßig, wie es seiner Zeit die Erweiterung des Begriffes Fjord auf alle Felsbuchten war; man entfernt sich

---

1) Wir haben keinen Grund, uns im Deutschen der amerikanischen Schreibweise Canyon zu bedienen.

2) Der terminologische Gebrauch eines solchen ursprünglich örtlichen oder doch auf ein bestimmtes Natur- und Sprachgebiet — wie hier die ehemals spanisch-amerikanischen Kordillerenländer — beschränkten Ausdruckes ist natürlich nicht eine Frage der Richtigkeit oder Unrichtigkeit, sondern des wissenschaftlichen Taktes. Dieser hat hier gefehlt. Die Ausführungen von *W. v. Lozinski* (Jahrb. d. geol. R. A. LIX, 1909, S. 6. u. 39ff.) sind wegen dieser verfehlten Begriffsbestimmung für die Auffassung der Cañons bedeutungslos. Aus demselben Grunde ist die Charakteristik in *Supans* physischer Erdkunde 5. Aufl. S 524 schief. Auch in der *Davis*schen Schule herrscht teilweise die unglückliche Neigung, jedes in ein Plateau eingeschnittene Tal ohne Talsohle als Cañon zu bezeichnen. *Passarge* hält sogar die Täler in Waldgebirgen vorzugsweise für Cañons.

ohne Grund von der ursprünglichen Bedeutung und Anwendung der Worte und begibt sich einer sehr charakteristischen Unterscheidung. Bei dieser Einschränkung hat man nur an den Cañon des Colorado gedacht und vergessen, daß es auch zahlreiche Cañons in anders gebauten Gebieten, in geneigten Schichten und Massengesteinen gibt, denen man den Namen Cañon nicht entziehen kann; die Tafellandcañons, die in der Tat manche Besonderheit zeigen, sind nur eine Unterform. Zwei Hauptmerkmale treten uns in allen Cañons entgegen. Erstens nimmt der Fluß die ganze Talsohle ein, Flußbett und Talsohle fallen also zusammen; ferner sind die wenig gegliederten Talhänge sehr steil, so daß auch die oberen Talränder, sofern nicht breite Terrassen eingeschaltet sind, keinen sehr großen Abstand von einander haben.[1]) Aber im ganzen genommen sind sie nie senkrecht, sondern deutlich abgeschrägt oder abgestuft; sie zeigen auch in einer gewissen Gliederung deutlich die Arbeit von Verwitterung und Abtragung und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den Klammen. Die Enge des Talbodens weist darauf hin, daß der Fluß noch im Einschneiden begriffen oder doch gerade erst zur Ruhe gekommen ist, so daß die seitliche Erosion noch nirgends die Talsohle hat erweitern können, daß das Tal also jung ist. Die Steilheit und geringe Gliederung der Wände läßt sich aber nicht allein oder auch nur vorzugsweise aus dieser Jugend erklären, sondern beruht darauf, daß die Kräfte der Verwitterung und Abtragung schwach sind und in ihrer Arbeit hinter der Erosion zurückbleiben. Eigentliche Cañons sind, wie *Dutton* richtig erkannt hatte, auf Länder mit trockenem Klima beschränkt und verdanken diesem ihre Form.[2]) Die Wirkung

1) Weil die Cañons dadurch eine gewisse Ähnlichkeit mit einem schmalbrüstigen U haben, hat man sie neuerdings als U-täler bezeichnet. Man trägt dadurch ohne jede Not Verwirrung in die wissenschaftliche Terminologie hinein; denn die Bezeichnung U-täler ist längst an Täler von ganz anderem Gepräge und anderer Entstehung vergeben.

2) *Lozinski* und *Supan* behaupten, daß *Dutton* in seiner Beschreibung der Hawaiinseln (*U. S. Geol. Survey*, *IV. Annual Report* 1882/83 S. 216f.) seine ursprüngliche Erklärung der Cañons durch das Trockenklima zurückgenommen habe. Das ist nicht richtig; er hält sie vielmehr ausdrücklich aufrecht und fügt nur zu, daß in feuchtem Klima durchlässiges Gestein dieselbe Wirkung wie trockenes Klima ausübe. Er gibt also, was mir früher entgangen war, dieselbe Erklärung, auf die ich und andere wenig später durch das Studium der Täler im Quadersandsteingebirge geführt worden sind.

der Abspülung und auch der durch Bodenwasser bewirkten kriechenden Bewegung des Bodens fehlt oder ist gering. Darum werden die Hänge, wenigstens bei ganz reiner Ausbildung, nur in dem Grade abgeschrägt, als die Schwere die durch die Verwitterung gelockerten Materialien entfernt. Im einzelnen wird die Form der Hänge durch die Beschaffenheit und Lagerung der Gesteine bedingt: bei gleichartigem Gestein ist der Abfall ziemlich gleichmäßig; wagerechte Lagerung verschiedenartiger Schichten ist mit Terrassierung verknüpft, die oft sehr große Ausmaße erreicht; Härtewechsel in der horizontalen Richtung hat einen Wechsel enger und weniger enger Stellen zur Folge.

Auch in feuchten Klimaten kommen Täler vor, die durch die Enge der Talsohle und die Steilheit und geringe Gliederung der Hänge an Cañons erinnern. Aber der Cañoncharakter ist selten scharf ausgeprägt, und wir werden darum besser nur von cañonartigen Tälern sprechen, jedoch ohne daß man darin pedantisch sein müßte. Namentlich ist dieser Vergleich schon öfters für die Täler und Gründe der sächsisch-böhmischen Schweiz aufgestellt worden, wo er sich besonders in der Edmundsklamm und im Kirnitzschtale in der Gegend der Schleusen aufdrängt; aber er gilt auch für viele Täler der schwäbischen und fränkischen Alb, namentlich das Durchbruchstal der Donau, für die Gorge des Tarn im Gebiete der Causses und für viele andere. Diese cañonartigen Täler in feuchteren Klimaten sind an reinen Quarzsandstein oder reinen Kalk geknüpft; es ist also die Durchlässigkeit des Gesteins, was ähnlich wie die Trockenheit des Klimas wirkt und darum die Cañonform begünstigt. Im Trockenklima kann das Regenwasser nicht abschrägend wirken, weil es überhaupt fehlt, in durchlässigem oder trockenem Gestein nicht, weil es im Boden versickert; wo es wieder aussickert, wirkt es untergrabend und erzeugt steile Felswände. Das Vorhandensein von Klüften, auf das man neuerdings den Nachdruck gelegt hat, ist nur mittelbar wichtig, insofern es das Einsickern des Wassers befördert und dadurch die Bildung senkrechter Wände bewirkt. Klüfte finden sich in tonigen Sandsteinen und anderen schwer durchlässigen Gesteinen, ohne hier eine solche Wirkung auszuüben. Die meisten cañonartigen Täler sind in wagerechte Schichtentafeln eingesenkt und neigen daher, sobald Unterschiede der Härte und Durchlässigkeit vorhanden sind, zur Terrassierung der Hänge; aber sie können auch, wie der Cañon des Doubs, an Gürtel steil gestellter

Bänke von Kalk oder anderen durchlässigen Gesteinen gebunden sein.

Alle anderen Täler feuchter Klimate unterscheiden sich durch den größeren Betrag der Neigung und Gliederung ihrer Hänge wesentlich von den Cañons; es ist, wie gesagt, eine unglückliche Erweiterung dieses Begriffes, wenn man alle Täler, denen ein Talboden fehlt und die sich dadurch als unreif kennzeichnen, Cañons nennt. Für diese Täler hat sich zur Bezeichnung des Gegensatzes gegen die glazial umgebildeten U-täler die Bezeichnung V-täler eingebürgert; *Passarge* nennt sie Kerbtäler. Im einzelnen können diese Täler sehr verschieden aussehen, und zwar sowohl auf Grund des Baus wie der Eigenheiten des Klimas. Bei gleichartigem Gestein sind auch die Steilheit und Form der Hänge gleichartig, je nach der Gesteinsbeschaffenheit mehr oder weniger steil, mehr oder weniger gegliedert. Wagrechte Schichtung hat Wechsel im Querprofil und Terrassierung zur Folge; meist wechselt steile, wandartige Ausbildung im Bereiche der durchlässigen oder harten Kalke und Sandsteine mit flacher Böschung im Bereiche der weichen undurchlässigen Mergel und Tone. Steile Neigung und Faltung der Schichten erzeugt Wechsel in der Längsrichtung; harte Gesteine treten als steile Riffe vor, während dazwischen die weichen sanfter abgedacht sind. In einem gleichmäßig feuchten Klima mit geschlossener Pflanzendecke kommt es nur wenig zur Bildung von Regenrissen und Runsen, und sie werden durch Kriechbewegungen bald wieder ausgeheilt; die Hänge treten uns geschlossen und glatt, nur durch einzelne Tälchen zerschnitten, entgegen; eigentümlich und noch nicht vollständig erklärt ist ihre Neigung zur Bildung einer konvexen Form. In trockenen Gegenden mit periodischen Regen und lockerer Pflanzendecke sind die Hänge bis ins Einzelne hinein von Schluchten und Runsen durchsetzt und reich modelliert. So sind die V-förmigen Täler sehr mannigfaltig, und man wird aus ihnen vielleicht noch eine Anzahl besonderer Typen herausheben können.

Haben alle diese Täler im allgemeinen eine schmale, auf das Flußbett beschränkte Talsohle, so daß die Talhänge unmittelbar oder fast unmittelbar aus dem Flußbette aufsteigen, so ist in anderen Fällen, sei es streckenweise, sei es im ganzen Verlaufe, eine mehr oder weniger breite Talsohle vorhanden. Die Talhänge liegen dann weiter zurück, werden aber in ihrer Form kaum dadurch beeinflußt; auch Täler mit breiter Talsohle können steile Wände und

einigermaßen cañonartigen Charakter haben; man wird sie darum nicht zu weit von den V-förmigen Tälern abrücken dürfen. *Passarge* hat den Ausdruck Sohlentäler dafür vorgeschlagen.[1])

Die Talsohle wird noch mehr verbreitert und gewinnt an Bedeutung für die Physiognomie, wenn in Folge einer Senkung oder einer Änderung des Klimas oder durch die wachsende Schuttzufuhr der Nebenflüsse Aufschüttung eintritt. Die sie von einfacher seitlicher Erosion unterscheidenden Merkmale sind nicht immer deutlich, müssen aber sorgfältig beachtet werden, weil der Unterschied für die Entstehungsgeschichte und oft auch die Physiognomie der Länder wichtig ist.

Wenn durch Hebung des Landes eine neue Periode oder, nach *Davis'* Ausdruck, ein neuer Zyklus der Erosion beginnt, so bleibt der alte Talboden in der Form von Talterrassen zurück, die sich, allerdings oft nur in einzelnen Stücken, an den Hängen entlang ziehen. Ein solches Tal hat gleichsam einen mehrstöckigen Bau, dessen höhere Stockwerke älter sind als die tieferen. Aber dieser Unterschied spricht sich nur in der Breite des Tales, nicht auch in der Form der Hänge aus; diese sind oben weiter zurückgerückt, nicht aber oder doch nur wenig stärker abgeschrägt als unten. Der Baustil ist in allen Stockwerken der gleiche, sofern nicht die Abstufung des Klimas mit der Höhe Verschiedenheit der Verwitterung und Abtragung und damit auch der Form zur Folge hat.

Wenn die Arbeit des fließenden Wassers dauernd oder zeitweise durch die Arbeit anderer Kräfte ersetzt wird, geht die reine Talform verloren; es entstehen unreine oder gemischte Formen, die wir noch zu den Tälern rechnen können, solange die durch das fließende Wasser geschaffenen Talformen überwiegen. Es gibt zwei Hauptformen solcher unechten Täler.

Die eine ist der Wadi. Er ist die Talform der Wüste. Auch er ist, wie die Windungen und der ausgesprochene Gegensatz eines Gleithanges und eines Prallhanges mit Sicherheit beweisen, nicht durch den Wind, sondern durch das fließende Wasser gebildet worden, sei es durch den Abfluß der heftigen Regengüsse, die auch in den schlimmsten Wüsten von Zeit zu Zeit fallen, sei es in einem früher feuchteren Klima. Aber das lange Aussetzen des Flusses in den Zwischenzeiten oder das Erlöschen des Flusses überhaupt lassen es

1) Physiologische Morphologie S. 150. *Richthofen* (Führer S. 146) hat diesen Ausdruck allerdings in ganz anderem Sinne gebraucht

zu keiner vollen Ausgestaltung der Talsohle kommen und geben dem Winde die Möglichkeit, diese umzubilden, stellenweise allen Sand wegzuwehen und ihn dafür an anderen Stellen anzuhäufen, so daß die Talsohle ungleichsinniges Gefälle bekommen und aus einem Wechsel von flachen Becken und Schwellen bestehen kann. Die Hänge der Wadis entsprechen in ihrer Steilwandigkeit denen der Cañons.

Die andere Hauptform sind die glazialen Trog- oder U-täler. Über ihre Entstehung ist viel gestritten worden. Während manche Forscher, wie *Ramsay* und *Tyndall*, sie ganz den Gletschern zuschrieben, haben andere von den Gletschererosion überhaupt nichts wissen wollen und nur die Rundhöcker und geschrammten Felsen glazialer Bearbeitung zugeschrieben. Nach der heute herrschenden Auffassung sind sie ursprünglich durch die Flüsse als gewöhnliche Täler angelegt, dann aber durch die Gletscher und schließlich, soweit sie nicht heute noch von Gletschern erfüllt sind, von neuem durch das fließende Wasser umgestaltet worden; die Umbildung durch die Gletscher mag sich mehrere Male wiederholt haben. Wir brauchen hier nicht die bekannten Formeigenschaften der Glazialtäler ausführlich zu besprechen oder auf die noch strittigen Fragen, namentlich die Frage der Glazialerosion und der glazialen Übertiefung der Täler, einzugehen. Die Windungen sind abgeschwächt; daher sind diese Täler im Grundriß ziemlich gradlinig, dabei breit und offen, so daß man oft weit in sie hineinsehen kann. Der Längsschnitt zeigt treppenartigen Wechsel von steileren und flacheren, oft beckenförmigen Strecken. Der Querschnitt hat die bekannte Trog- oder U-form, wobei die Wände je nach dem Gestein mehr oder weniger steil sind. Die Seitentäler münden oft in beträchtlicher Höhe über der Sohle des Haupttales, sind, nach dem *Gilbert*schen Ausdrucke, Hängetäler. Bei der nachträglichen Umbildung im milderen Klima der Gegenwart sind die Riegel zerschnitten, die breiteren Talbecken mit Schutt erfüllt worden. Selbstverständlich sind die Glazialtäler von großer Mannigfaltigkeit, da ihre Ausbildung je nach dem Zustande der Täler, in die sich der Gletscher hineinlegte, und je nach der Größe und den Eigenschaften der Gletscher verschieden ist.

Solche Typen der Talformen, wie sie hier genannt und charakterisiert worden sind oder sonstwie auf Grund allseitiger Beschreibung gebildet werden können, sollen selbstverständlich die Erkenntnis nicht abschließen. Vielmehr sollen sie nur die Form zeigen, in der wir beim jetzigen Stande unseres Wissens an Stelle einer vermeintlich

erklärenden, in Wahrheit aber nur beschreibenden und dabei sehr einseitigen Betrachtungsweise unsere Erkenntnis am besten zusammenfassen; da sie nur Tatsachen ausdrücken und keine unsicheren genetischen Annahmen hineintragen, können wir uns ihrer schon zur ersten Beschreibung bedienen. Ein Fortschritt darüber hinaus ist in zweierlei Richtung möglich und nötig. Einmal können diese Typen schärfer aufgefaßt und weiter spezialisiert und dadurch in ihrer Zahl vermehrt werden. Ferner aber werden wir immer bestrebt sein, durch eindringende vergleichende Untersuchung die Entstehungsbedingungen jeder Talform zu erkennen, den beschreibenden Typen die Bedeutung genetischer Typen zu verleihen und so zu einer genetischen Klassifikation der Talformen zu gelangen. Hier soll ein solcher Versuch nicht gemacht werden; nur das möchte ich noch einmal aussprechen, daß eine genetische Klassifikation der Talformen weniger auf das Alter als auf die verschiedene Art der Vorgänge und die verschiedene Art des Gesteines begründet werden darf.

VI. Landterrassen, Rumpfflächen und andere Einebnungen.

Zu den auffallendsten Zügen im Bilde vieler Landschaften gehören große Flächen, meist nicht ganz eben, sondern mehr wellig und öfters von einzelnen Bergen unterbrochen, jedoch so flach, daß man von Fastebenen[1]) (*Peneplains*) spricht. Manchmal liegen sie fast im Meeresspiegel, meist aber in größerer Meereshöhe, und dann sind sie, zwar nicht immer, jedoch oft, in kleineren oder größeren Abständen, von Tälern zerschnitten. Sie bestehen nicht aus jungen Aufschüttungen der Flüsse, der Gletscher, des Windes, sondern aus älterem Gestein. Nur ganz selten, wenn je, fallen sie mit Schichtoberflächen zusammen, so daß man ihre Ausbildung mit deren Ablagerung in unmittelbaren genetischen Zusammenhang bringen könnte; vielmehr schneiden sie die Schichtflächen fast immer unter einem größeren oder kleineren Winkel, sind Schnittflächen. Sie müssen also Gebilde der Zerstörung und Abtragung sein. Aber wie hat es die Natur zu Wege gebracht, solche

1) Ich gebrauche diesen sprachlich unschönen Ausdruck möglichst wenig und eigentlich nur, wo ich auf Äußerungen der *Davis*schen Schule Bezug nehme.

ebene oder ganz sanftwellige Flächen zu erzeugen, da uns doch die unmittelbare Beobachtung als Wirkung der Abtragung eigentlich nur die Entstehung von Unebenheiten zeigt und Einebnungen nur durch Ablagerungen zu Stande zu kommen scheinen? Hier liegt zweifellos ein schwieriges Problem vor, und man kann sich nicht wundern, daß das Augenmerk der Morphologen darauf mehr als auf etwas anderes gerichtet ist, daß es heute das meist erörterte Problem der geographischen Formenlehre ist.

1. Landterrassen.

Die erste Form der Fastebenen, die zum Gegenstande des Studiums gemacht worden ist, sind die großen Landterrassen[1]), die ja gerade in den drei Ländern, in denen die wissenschaftliche Forschung am meisten gepflegt wurde, in großer Ausdehnung auftreten. Sowohl Südost-England wie Nordost-Frankreich und Südwest-Deutschland sind ausgesprochene Stufenlandschaften, in denen weit hinstreichende Landstufen mit breiten Ebenheiten oder Landterrassen wechseln. Diese Regelmäßigkeit der Anordnung mußte die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Eine erste Erklärung bot sich bald dar. Die Stufen bestehen, wenigstens in ihrem oberen Teil, aus Kreide, Kalkstein, Sandstein. Diese Gesteine ziehen sich auch in die Hochflächen hinüber, um erst im unteren Teile und am Fuße der folgenden Stufe Tonen, Mergeln und anderen weichen Gesteinen Platz zu machen. Daraufhin sprach man die Abhängigkeit der Stufenbildung von dem Gesteinswechsel der flach lagernden Schichten aus. Man achtete wohl nicht so genau darauf oder drückte es wenigstens nicht so genau aus, daß die Landterrassen nicht in ihrer ganzen Ausdehnung mit der gleichen Schicht zusammenfallen, sondern flacher als die Schichten geneigt sind, daß sie nach und nach auf immer höhere Schichten übergehen, also keine Schichtflächen, sondern Schnittflächen sind. Als das später deutlicher in das Bewußtsein trat, glaubten viele, darin einen Grund gegen die Lehre der Abhängigkeit der Stufen- und Terrassenbildung vom Gestein sehen zu müssen, und auch heute spielt diese Beweisführung in der Literatur eine große Rolle.

Die große Lücke der Auffassung bestand darin, daß man sich

1) Die von *Martonne* gewählte Bezeichnung *plateforme structurale* im Gegensatz zu den *plateformes d'érosion* erscheint mir wenig deutlich, denn auch sie sind, ebenso wie diese, Gebilde der Abtragung (nicht der Erosion im engeren Sinne), und auch bei diesen spielt der Bau eine Rolle.

mit der Aufstellung der Abhängigkeit begnügte und keinen Versuch machte, den Mechanismus der Abtragung zu erklären. Auf diese Lücke hat erst 1882 *Tietze* energisch hingewiesen. Durch welche Kraft wird denn eigentlich das Material weggeschafft? Welche Kraft kann so arbeiten, daß aus der Abtragung ebene Flächen hervorgehen? Von Meereswirkung ist keine Spur vorhanden. Der Wind, an den später *Walther* in der Wüste wohl mit einiger Übertreibung appelliert hat, kann in feuchten Klimaten nicht in Betracht kommen. Inlandeis kann keine Ebenen erzeugen. Es muß das Wasser des Festlandes sein; aber wie kann dieses, das doch Täler gräbt, Ebenen schaffen? Diese Überlegungen haben zuerst *Powell* und *Dutton* im Gebiete des Coloradocañons, wo in der Höhe über dem Cañon, von kleineren Terrassen abgesehen, die sog. Esplanade weit zurück springt und erst in deren Hintergrunde wieder Felswände aufsteigen, und im Anschluß an sie mich bei der Untersuchung der sächsischen Schweiz, wo Ebenheiten und Felswände vielfach wechseln, auf den Gedanken geführt, daß die Abtragung in einem Zustande des Gleichgewichtes der Erosion stattgefunden habe, daß sich also die Landterrassen an heutige oder frühere Talsohlen anlehnen müßten. Der Einfluß des Gesteins erschien uns als nebensächlich; in der sächsischen Schweiz ist ja der Gesteinsunterschied in der Tat gering oder wenigstens wenig auffallend, und die genaue geologische Karte lag zur Zeit meiner Arbeit noch nicht vor. Dieser selbe Gedankengang ist, wie wir sehen werden, offenbar auch der Ausgang von *Davis'* Theorie der Peneplains gewesen und beherrscht noch heute die Anschauungen vieler.

Inzwischen hat *Davis* selbst schon 1900 die Unrichtigkeit von *Duttons* Erklärung der Esplanade im Coloradocañon, ihre Unabhängigkeit von einer alten Talsohle und ihre Abhängigkeit vom Gestein nachgewiesen. Ich persönlich hatte mich, in die schwäbische Stufenlandschaft versetzt, von dem dort fast aufdringlichen Einflusse der Gesteinsbeschaffenheit überzeugt, während ich die gesuchte gleichmäßige Neigung der Landterrassen gegen alte Talsohlen nicht finden konnte. Ich habe daraufhin meine Ansichten über die Ebenheiten der sächsischen Schweiz nachgeprüft und abgeändert[1]), was aber später *Rassmus* und *Staff* nicht abgehalten hat, hier eine noch viel größere Zahl älterer Peneplains (im engeren genetischen Sinne), auch

1) Geogr. Zeitschr. 1903 S. 621 ff.

im Niveau der Oberflächen der Steine und Felswände, anzunehmen. Je mehr ich in der schwäbischen und fränkischen Stufenlandschaft herumgekommen bin, um so mehr befestigte sich mir die Überzeugung von der Abhängigkeit der Stufen- und Terassenbildung vom Gestein; aber der Mechanismus des Abtragungsvorganges blieb ungeklärt. Die Tatsache schien klar, daß der Vorgang der Flächenabtragung über den harten oder vielmehr den durchlässigen Gesteinsdecken zum Stillstande kommt; aber wie ist das möglich, da doch das fließende Wasser auch im harten Gesteine Schluchten und Täler eingraben muß, bis es sein in die Sohle des Haupttales einmündendes Gleichgewichtsprofil erreicht?

Walther hat an den Wind gedacht; aber dieser dürfte kaum ausreichen, und es geht auch nicht an, die Entstehung der Stufenlandschaften auf ein bestimmtes Klima zu beschränken, das auch in Gegenden mit ganz anderem Klima in der Vergangenheit geherrscht haben müßte. Man muß vielmehr nach einem Vorgange suchen, der auch in unserem Klima wirksam ist.

Die Lösung des Rätsels scheint nach den Beobachtungen von *Schmitthenner*[1]) in der besonderen Wirkung des rinnenden Wassers und in dem darin begründeten Vorgang der Dellenbildung zu liegen. Während ein eigentlicher, mehr oder weniger dauernd fließender Bach ein Tal schafft und sich immer tiefer eingräbt, ist das bei dem Wasser, das nur nach Regengüssen auf undurchlässigem Boden abrinnt, nicht der Fall. Die von ihm geschaffenen Rinnen werden durch Abspülung und Kriechbewegung des Bodens immer wieder zugefüllt, und zugleich mit ihrer Eintiefung wird auch das Land zwischen ihnen abgetragen; die Abtragung erfolgt demnach über die Fläche. Die auf allen Hochflächen vorhandenen Dellen, die man wenig beachtet oder mit denen man nichts Rechtes anzufangen gewußt oder die man gar für „greisenhafte" Täler gehalten hatte, sind dadurch in ihre morphologische Selbständigkeit und in ihr Recht als Träger eines der wichtigsten Akte der Abtragung eingesetzt. Diese Art der Abtragung ist aber durchaus an undurchlässiges Gestein gebunden und erfolgt in ihm je nach der Härte in schnellerem oder langsamerem Tempo. In durchlässigem Gestein hört sie auf. Wenn die Dellenbildung die Oberfläche eines solchen erreicht, so kommt sie ziemlich zum Stillstande. Das rinnende Wasser

1) Die Entstehung der Stufenlandschaft, Geogr. Zeitschr. 1920 S. 207 ff.

wird vielleicht noch, aber nur langsam, eine Schlucht eingraben, aber nur noch wenig über die Fläche abtragen.

Stellen wir uns eine Tafellandschaft mit Wechsel weicher, aber undurchlässiger und durchlässiger Schichten vor, wobei natürlich zu beachten ist, daß der Gegensatz in der Wirklichkeit nie so schroff ist, wie er bei der theoretischen Ableitung aufgestellt werden muß! Und zwar sollen die Schichten zunächst wagrecht liegen oder ungefähr dem Laufe der Hauptflüsse parallel geneigt sein, so daß der Angriff der kleineren Gewässer auf der ganzen Erstreckung in demselben Maße erfolgt. Eine oben aufliegende weiche Schicht wird dann über die ganze Fläche so weit abgetragen, daß die Rinnsale gerade noch das nötige Gefäll behalten. In die darunter liegende durchlässige Schichtmasse werden dagegen zunächst nur Schluchten eingeschnitten. Erst wenn die Flüsse sie durchschnitten haben und in die unter ihr liegenden weichen Schichten eingetieft sind, wird durch das an der Auflagerungsfläche heraustretende Wasser (Quellen oder Sickerwasser) die harte Bank untergraben und eine Felswand erzeugt, die allmählich zurückgelegt wird; das Ergebnis wird eine sanfte Abtragungsfläche unten, eine ein Stück zurückgelegte Felswand darüber und eine Abtragungsfläche über der widerständigen Bank mit Resten der darüber liegenden weichen undurchlässigen Schichten an der Oberfläche sein. Ist das Flußtal noch weiter bis in die nächste darunter liegende widerständige Bank eingetieft, so wird die weiche Schicht allmählich auch bis nahe an die Oberfläche der widerständigen Bank abgetragen, während in diese nur Schluchten eingetieft werden; es entsteht eine deutliche Terrasse. Das sind die Verhältnisse, wie sie uns im Coloradocañon und auch in vielen Teilen der sächsischen Schweiz entgegentreten.

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die Schichten mehr geneigt sind und mit dem Laufe der Flüsse einen merklichen Winkel bilden, so daß die kleinen Gewässer an verschiedenen Stellen in verschiedene Schichten eingreifen. Die verschiedenen Zustände liegen dann nicht nur über, sondern auch neben einander. Die widerständigen Bänke fallen infolgedessen in großen quer verlaufenden Landstufen gegen die Landterrassen ab, diese werden in ihrem unteren Teile, ebenso wie schon der untere Teil der Stufen, aus weichen undurchlässigen Schichten bestehen und erst weiter aufwärts auf die darunter liegenden harten Bänke übertreten. Nehmen wir das Beispiel der schwäbisch-fränkischen Stufenlandschaft, in der

die Schichten südöstlich geneigt sind! Im SO sind die obersten weichen Schichten, soweit solche überhaupt vorhanden waren, bis auf kleine Reste abgetragen. Dann folgt nordwestwärts der mächtige Schichtenkomplex des weißen Jurakalkes, nur von engen Tälern zerschnitten. Er bildet nach NW eine große Landstufe mit vorgelagerten Zeugenbergen, die aus der allmählichen Zerstörung und Rücklegung der Stufe hervorgehen. Der untere Teil der Stufe und ein Teil des Vorlandes wird durch darunter liegende weiche Schichten gebildet. Der weitere Verlauf ist nicht überall gleich, weil die Gesteinsbeschaffenheit derselben Schicht je nach der Fazies wechselt; aber im allgemeinen folgen Terrassen und Stufen des Dogger, des Sandsteins oder Kalkes des Lias, des Keupersandsteins, des Hauptmuschelkalkes, des Wellenkalkes und des Buntsandsteins, bis schließlich im Schwarzwald, Odenwald und Spessart als letzte Landterrasse die in alter Zeit eingeebnete Oberfläche (Rumpffläche) des alten Grundgebirges auftritt.

Bei steilerem Einfall der Schichten bleiben die Verhältnisse dem Wesen nach dieselben, der Wechsel des harten und des weichen Gesteins kommt in ähnlicher Weise zum Ausdrucke; aber er rückt nah an einander, und an die Stelle schwach geneigter Ebenheiten, der Landterrassen, treten stärker geneigte Flächen. Solche lang hinstreichende geneigte Stufen werden im amerikanischen Westen Schweinsrücken (*Hog Backs*) genannt, und auch die Bergrücken des nordwestdeutschen Berglandes haben zum größeren Teil dasselbe Gepräge. Bei noch steilerer Schichtenneigung ist die Stufenbildung auf die Talhänge beschränkt; diese zeigen über einander liegende Reihen von Zinken und Zacken. Ebenen können dann nicht entstehen; Einebnungen bei steiler Schichtenlagerung sind anderer Entstehung.

Die ursprüngliche Entwässerung muß im Sinne der Neigung der Schichten erfolgen. Wenn sich durch die Abtragung Landterrassen und Landstufen ausbilden, wird ein Teil der Flüsse seine alte Richtung beibehalten, also die Stufen durchbrechen; Flüsse, die tatsächlich rechtsinnig oder konkordant fließen, erscheinen als widersinnig oder diskordant (s. S. 42). Aber am Rande der Stufe bilden sich neue Gewässer aus, die der Schichtenneigung entgegen fließen, also scheinbar rechtsinnig, in Wahrheit aber widersinnig (im *Davis*schen Sprachgebrauche obsequent) sind. Sie schneiden sich rückwärts mehr oder weniger weit in die Landterrassen ein und

können die oberen Talstücke der ursprünglichen Flüsse abzapfen. Widersinnige Flüsse können aber auch schon aus der Zeit vor der Schichtenneigung stammen, überlebend oder antezedent sein; namentlich bei den größeren muß man daran denken, und man wird nur nach eingehender Untersuchung ein Urteil über ihre wirkliche Entstehung abgeben können.

Längsflüsse am Fuße der Stufen (subsequente Flüsse nach *Davis*), wie sie die Theorie der Einebnung gegen die Talsohlen hin erfordert, sind Ausnahmen und bedeuten wohl ein zufälliges Zusammentreffen. Von einer Abdachung der großen Landterrassen gegen die Flüsse hin ist in der Natur nichts zu bemerken; im Gegenteil sieht man die Landterrassen ganz ohne Rücksicht auf die Flüsse und manchmal sogar gerade von ihnen weg geneigt. Nur wo das Flußtal die Tiefenlinie der Landterrasse schneidet und an der Landstufe in die höher gelegene Landterrasse ein- oder aus ihr heraustritt, senkt sich die Landterrasse in den heutigen oder, falls inzwischen eine Hebung erfolgt ist, den alten Talboden ein. Und auch das ist nur der Fall, wenn der Fluß noch im weichen Gestein fließt und sich nicht in das darunter liegende widerständige Gestein eingetieft hat, in welchem Falle die Tiefenlinie der Landterrasse in einiger Höhe darüber bleibt. Die Auffassung der Landterrassen als Peneplains im orthodoxen Sinne kann damit als abgetan gelten.

Das Alter dieser Landterrassen ist oft schwer zu bestimmen. Sie müssen selbstverständlich jünger als die jüngsten Schichten, die an der Zusammensetzung der Terrassen und Stufen Teil nehmen — obgleich man in manchen Stufenländern an wiederholte Bildungsakte denken kann — und auch jünger als oder vielmehr wahrscheinlich in ihren Anfängen gleich alt mit den Hebungen sein, durch die die Schichten in ihre heutige Lage gebracht worden sind, denn die Bildung der Stufen muß sofort mit der Hebung beginnen. Die meisten heutigen Stufenlandschaften sind wahrscheinlich ziemlich jung, gehören erst der Tertiärzeit an. In mehreren Fällen bezeugen Gesteinsbrocken in durchsetzenden Vulkanschloten, daß zur Zeit von deren Bildung noch eine mächtige Schichtendecke darüber lag, die heute verschwunden ist. Andrerseits weisen oligozäne bis pliozäne Schotter und Tone auf eine fortgeschrittene Bildung in diesen Abteilungen der Tertiärzeit hin. Das Altersverhältnis zu den Tälern läßt sich meist schwer bestimmen, da die beiden Vorgänge unabhängig von einander erfolgen. Die Bildung der Ebenheiten geht in

der Höhe über den Tälern vor sich; deren Einschnitt braucht nicht jünger zu sein als die Ebenheiten, wie man beim ersten Anblicke unwillkürlich meint.

Ramsay hielt es zur Erklärung der Stufenlandschaften für nötig, eine vorangehende Kappung der ganzen geneigten Schichtentafel bez. des flachen Schichtengewölbes durch eine Ebene mariner Abrasion anzunehmen, weil nur dadurch die weichen Schichten der Zerstörung preisgegeben worden seien. Andere und auch die *Davis*sche Schule sind ihm darin gefolgt, nur daß diese an die Stelle der marinen Abrasion eine „Peneplain" festländischer Entstehung setzt, was für das Problem keinen Unterschied ausmacht. Die Annahme einer solchen abschneidenden Fläche ist also eine Hilfskonstruktion für das Verständnis der Stufenlandschaften. Aber als solche ist sie überflüssig, was ja nicht ausschließt, daß im einzelnen Falle tatsächlich eine Rumpffläche vorhanden war. *Neumayr*, *Penck*, *Ed. Richter* und neuerdings in besonders energischer Weise *Gradmann*[1]) haben darauf hingewiesen, daß die Abtragung mit der Höhe zunehmen müsse, wobei die einen mehr die Meereshöhe mit ihrer größeren Frostverwitterung, die anderen, wohl richtiger, hauptsächlich die Erhebung über dem Talboden betont haben. Denn je größer diese ist, um so tiefer schneiden sich die Bäche ein, um so mehr können sich Verwitterung und Bodenbewegung entfalten, um so rascher und größer wird die Zerstörung und Abtragung sein. Gleichgültig ob wir uns z. B. die südwestdeutsche geneigte Tafel beim Beginne der Abtragung in ihrem vollständigen inneren Bau vorstellen, so daß die Abtragung erst nachher einsetzte, oder, was wahrscheinlicher ist, allmähliche Hebung annehmen, mit der die Abtragung von vornherein bis zu einem gewissen Grade Schritt hielt — an der Stelle der größten Hebung, also über dem Schwarzwald und Odenwald, mußten die höheren Schichtgruppen zuerst und am vollständigsten abgetragen werden, hier konnten nur die tieferen Schichten, am Westrande nur das Grundgebirge, erhalten bleiben, und nur indem wir im Sinne der Schichtenneigung ostwärts wandern, können wir auch die höheren Schichten noch antreffen. Für die Annahme einer abschneidenden Fläche müssen andere Gründe aufgeführt werden. Davon wird im letzten Abschnitte dieses Kapitels die Rede sein.

---

1) Das Schichtstufenland, Zeitschr. d. Ges. f. Erdkde. 1919 S. 113ff.

2. Die Theorie der Rumpfflächen.

Von den Landterrassen der Stufenländer verschieden sind die Rumpfflächen. Im Jahre 1846 bemerkte der hervorragende englische Geolog *Ramsay* bei der Untersuchung des Berglandes von Süd-Wales, daß alle Kämme und Gipfel ungefähr gleiche Höhe hätten und wahrscheinlich aus einer ziemlich ebenen Fläche herausgeschnitten seien, die ehemals die Oberfläche des Landes gebildet habe. Sie schneidet die steil gestellten und gefalteten Schichten schräg ab, hat also weder mit der Entstehung der Kämme und Gipfel noch mit der Entstehung der Dislokationen und des inneren Baues etwas zu tun, sondern steht im Widerspruch zu ihnen und muß auf einem Vorgange der Abtragung beruhen.[1]) Diese Beobachtung und Schlußfolgerung ist der Ausgangspunkt für die Lehre von den Rumpfflächen oder Fastebenen (*Peneplains*), die für die Auffassung der Oberflächenformen der Erde von so großer Bedeutung geworden ist und in der modernen Morphologie eine so große Rolle spielt. Bei der aus geographischen Gründen leicht verständlichen Neigung der englischen Forschung, die Wirkungen des Meeres besonders zu betonen und in den Vordergrund zu stellen, erklärte *Ramsay* ihre Entstehung durch marine Abtragung, d. h. durch die abhobelnde Wirkung der Brandungswelle, und brachte die „Transgression" der deckenartig darüber liegenden Schichten damit in ursächliche Verbindung.

Später machte *F. v. Richthofen* im Gebirgslande Süd-Chinas, ohne Kenntnis der Ramsayschen Lehre, die gleiche Beobachtung, und auch er erklärte, da er die Kräfte des Festlandes für unzureichend hielt, die Bildung dieser ganze Gebirge abschneidenden Hochflächen durch die Wirkung der marinen „Abrasion". Er ging über *Ramsay* insofern hinaus, als er die Notwendigkeit einer Senkung des Landes betonte. Er übertrug diese Auffassung auch auf europäische Gebirge, bei denen der Widerspruch zwischen Oberfläche und Bau natürlich der Beobachtung nicht hatte entgehen können, aber gedankenlos hingenommen und mit dem allgemeinen Worte Abtragung

1) *Rep. Brit. Assoc.* 1847 p. 66 u. *Mem. Geol. Survey* vol. I. p. 297, später wiederholt in *Physical Geography and Geology of Great Britain*, 6. ed. 1894 p. 346f.

2) *v. Richthofen*, China Bd. II, 1884, S. 766f.; ders., Führer für Forschungsreisende. 1887, S. 353ff.

abgetan worden war. Während *Ramsays* Bemerkungen ziemlich ungehört verhallt waren, fand nun *Richthofens* Lehre große Beachtung und Anerkennung; eine Reihe von Jahren hat die Forschung mehr oder weniger in ihrem Banne gestanden, bis eine neue Theorie festländischer Abtragung und Einebnung neben sie trat und sie zurückdrängte.

Diese neue Theorie ist zunächst in Amerika ausgebildet worden und kann als eine Fortbildung und Erweiterung von *Powells* und *Duttons* Theorie der Entstehung der Landterrassen angesehen werden. Zwar hatten *Neumayr*[1]) und *Penck*[2]) die festländische Abtragung bis zur Erreichung einer Rumpffläche oder eines unteren Denudationsniveaus, wie *Penck* sich ausdrückte, behauptet, und ich hatte die Theorie der Erosionsterminante in dem Sinne weitergebildet, daß sie die festländische Abtragung bis zur Einebnung erklären könnte (s. o. S. 37f.); aber in umfassenderer Weise hat *Davis* diese Theorie ausgebildet, die er zunächst auf die Einebnung der pennsylvanischen Appalachen anwandte. Seine Theorie geht über *Powell* und *Dutton* hinaus und bekommt einen anderen Charakter dadurch, daß sie sich auch und sogar vorzugsweise auf gefaltetes Land bezieht und die Einebnung ganzer Länder behauptet. Sie steht mit seiner Theorie der Lebensalter in engem Zusammenhang; denn die Rumpffläche, d. h. die fast völlige Einebnung, ist das Stadium der Greisenhaftigkeit, der Abschluß des Lebenszyklus, über den hinaus neues Leben, d. h. die Ausbildung neuer Formen, nur durch Hebung des Landes möglich wird. In unermüdlichem Eifer hat er seine Theorie immer von neuem verkündet und ihr dadurch weitreichende Anerkennung verschafft. Für die Einbürgerung in Europa wurde es namentlich bedeutsam, daß der französische Geolog *Lapparent* sie annahm und auf dem Geographenkongreß zu Berlin 1899 vortrug, und gerade in ihrer Verbindung mit der Lehre von Zyklen, d. h. von der Wiederbelebung der morphologischen Formen, kann sie bis heute als die herrschende Lehre gelten.[4])

---

1) Erdgeschichte Bd. I, 1. Aufl. 1886, S. 447 u. 484f.

2) Schr. d. Ver. z. Verbreitung naturwiss. Kenntnisse Wien Bd. 27, 1886/87, S. 431ff.

3) *Nat. Geogr. Mag.* I, 1889, S. 183ff., abgedruckt in *Essays* 413ff.

4) Auch *Richthofen* hat später diese festländische Bildung neben der marinen als möglich angenommen (*Neumayers* Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, 3. Aufl. Bd. I S. 247).

Wenn wir uns über das Wesen und die Bedeutung der großen durch Abtragung geschaffenen Einebnungen der Erdoberfläche Rechenschaft geben wollen, so müssen wir zuerst eine einfache und unzweideutige Bezeichnungsweise gewinnen. Das ist bisher nicht der Fall. Die Vertreter der beiden Theorien bedienen sich vielmehr leider auch verschiedener Terminologie. *Richthofen* und die Anhänger seiner Auffassung sprechen von Flächen der Abrasion und meinen damit nicht die Abrasion oder Abhobelung allgemein, sondern nur marine Abrasion, d. h. Abhobelung durch die Brandungswelle. *Davis* dagegen hat den Ausdruck Peneplain eingeführt, den man mit Fastebene verdeutscht hat, und hat auch diesem sprachlich an sich neutralen Ausdrucke eine bestimmte genetische Bedeutung, nämlich Einebnung durch festländische Kräfte gegen das Gleichgewichtsprofil der Flüsse beigelegt. Wer die Entstehung einer Abtragungsfläche unbestimmt lassen will, darf bei solcher Terminogie weder von Abrasionsflächen noch von Fastebenen sprechen, sondern muß sagen: diese Fläche ist eine Abrasionsfläche oder eine Fastebene. Die Wissenschaft verlangt aber zunächst einen beschreibenden Ausdruck, der die Erscheinung unabhängig von jeder Theorie über die Entstehung kennzeichnet; denn wenige Theorien sind so sicher, daß man sie als unbedingt und für alle Zeiten gültig annehmen könnte. Jeder darauf begründete Ausdruck ist vergänglich und verhindert die Verständigung mit Anhängern einer anderen Theorie. Ein guter beschreibender Ausdruck ist das von *Richthofen* eingeführte Wort Rumpffläche, das nicht nur die weitgehende Einebnung, sondern zugleich den Widerspruch gegen den inneren Bau, die Zerstörung und Abtragung bis zur Unkenntlichkeit der tektonischen Oberfläche bezeichnet: von dem ursprünglichen Gebirge ist nur noch der Rumpf vorhanden. Wenn die Einebnung besonders auffallend ist, kann man von Rumpfebenen sprechen.[1])

Die Rumpfnatur, d. h. der bis zur Einebnung gediehene Widerspruch der Oberfläche gegen den inneren Bau, ist am deutlichsten bei steil gestellten und gefalteten Schichten, weil die Oberfläche dann in offenbarem Widerspruche zur Lagerung der Schichten steht. Man hat darum den Ausdruck Rumpf und Rumpffläche vielfach auf

1) Der Ausdruck Fastebene (Peneplain) ist sprachlich weiter und umfaßt auch die Landterrassen. Dagegen das Wort Landoberfläche enthält nichts von Einebnung und dürfte daher nicht für eine Einebnungsfläche gebraucht werden, wie es *Philippi* u. a. tun.

das alte Faltengebirge beschränkt. Aber diese Beschränkung liegt, soweit unsere Einsicht reicht, nicht im Wesen des Rumpfes; auch in Schollenländern, in Tafelländern mit wagrechten oder schwach geneigten Schichten und in Vulkangebieten können doch wohl die gleichen festländischen oder marinen Kräfte der Abtragung wirksam sein, gewaltige Gesteinsmassen abtragen und Rumpfflächen erzeugen. Allerdings tritt hier der Widerspruch zwischen Oberfläche und innerem Bau dem Beobachter nicht so unmittelbar entgegen, sondern kann oft erst durch eingehende Untersuchung festgestellt werden. Namentlich sind Tafelrümpfe von Landterrassen nur zu unterscheiden, wenn man sie in größerer Ausdehnung verfolgt.

Die Bildung einer Rumpffläche ist bei beiden Theorien ein erdgeschichtliches Ereignis von der allergrößten Tragweite; aber je nachdem in verschiedener Weise. Nach der Theorie der marinen Abrasion ist die Einebnung an Senkung des Landes (bez. Ansteigen des Meeresspiegels) geknüpft, die das Meer in das Land hinein vordringen läßt, aber sehr rasch erfolgen kann und nur einen mäßigen Betrag zu erreichen braucht, da auch die gewaltigsten Gebirge von der vordringenden Brandungswelle untergraben werden können. Bei der Theorie der festländischen Einebnung bedarf es keiner Senkung des Landes — nur darf keine Hebung stattfinden —, wohl aber bedarf es sehr langer Zeiträume, damit die Kräfte des Festlandes eine solche Einebnung zu Stande bringen, denn wenn schon das Einschneiden der großen Täler sehr lange Zeit braucht, so geht noch sehr viel mehr Zeit auf das Einschneiden der kleinen und kleinsten Täler und auf die Abflachung der Talhänge, also auf die Einebnung der Landschaft bis zum Zustande der Greisenhaftigkeit hin. Ich habe schon bei der Besprechung des Alters der Täler erwähnt, daß man diesen Punkt etwas zu leicht nimmt, der ungeheuren Länge der für die Talbildung erforderlichen Zeit zu wenig Rechnung trägt. In noch höherem Maße gilt das von der Einebnung ganzer Länder, der Bildung von Rumpfflächen oder Fastebenen. *Brückner* läßt die Einebnung des Schweizer Faltenjuras samt neuer Erhebung und Auffaltung in einem Teile der Pliozänzeit vor sich gehen und hat *Machatschek*s Einwand dagegen als unerheblich zurückgewiesen. Mit ähnlicher Kürze geologischer Perioden arbeitet man auch sonst. Man ist ja in der Geologie gewöhnt, die geologischen Perioden lang anzusetzen, aber ein gewisses Maß sollte man darin halten. Neuerliche auf Grund von Zersetzungserscheinungen des Radiums usw.

angestellte Schätzungen der seit dem geologischen Altertum verflossenen Zeit lassen diese kürzer erscheinen, als man meist gedacht hat.

Nur ausnahmsweise spricht schon das Vorkommen der Rumpfflächen für die eine oder die andere Entstehungsweise. Hier und da, z. B. in Marokko oder in Norwegen, schließen sich an die heutige Küste mäßig ausgedehnte Strandplatten an, deren marine Entstehung wahrscheinlich, obgleich nicht unbestritten ist; aber es ist fraglich, ob wir sie überhaupt als eigentliche Rumpfflächen ansehen dürfen. Meist fehlen solche unmittelbar für den einen oder den anderen Ursprung sprechende Beziehungen. Namentlich gilt das von allen in älterer geologischer Vergangenheit gebildeten oder fossilen Rumpfflächen, die doch die Mehrzahl der sicheren, deutlich erkennbaren Rumpfflächen ausmachen. Bei ihnen haben spätere Dislokationen, Überlagerungen, Abtragungen die ursprünglichen Eigenschaften so verwischt, daß wir sie nur noch schwer beurteilen können. Nur eine eingehende Untersuchung, die das Alter und die Natur der überdeckenden Ablagerungen und alle Verhältnisse der betreffenden geologischen Periode sorgsam berücksichtigt, kann hier wenigstens zu Wahrscheinlichkeitsschlüssen führen. Die Entstehung dieser fossilen Rumpfflächen ist eines der wichtigsten geologischen Probleme, hat aber kein oder wenigstens kein unmittelbares geographisches Interesse, da sie in keinem Zusammenhange mit dem Wesen und Aussehen der heutigen Landschaft steht; die Geographie nimmt diese alten Rumpfflächen als Tatsachen hin. Nur die Entstehung junger Rumpfflächen, die in unmittelbarem Zusammenhange mit der heutigen Bodengestaltung erfolgt ist, ist geographisch bedeutsam.

Sowohl nach der Theorie der marinen wie der der festländischen Entstehung wird die Einebnung ungefähr auf den Meeresspiegel hin, im einen Falle etwas darunter, im anderen etwas darüber erfolgen. Wenn wir daher, wie es meist der Fall ist, Rumpfflächen in größerer Meereshöhe und zerschnitten finden, müssen wir nachträgliche Hebung und Zerschneidung annehmen; die große Rolle, die die Rumpfflächen in der modernen Morphologie spielen, beruht ja gerade darauf, daß mit ihrer Aufstellung eine Unterscheidung von Perioden oder Zyklen der Erosion verbunden ist.

Wenn die positive Strandverschiebung bez. die Senkung des Landes zum Stillstande kommt oder von der entgegengesetzten Bewegung abgelöst wird, wird marine Abrasion an einer bestimmten Höhen-

linie aufhören und die Rumpffläche hier am aufragenden Lande scharf abstoßen, so daß ein Gefällsbruch entsteht. Die Theorie der festländischen Einebnung dagegen muß gleichmäßige Abtragung des Landes über die ganze Fläche annehmen und läßt sich nur mit langsamem Ansteigen des Landes nach hinten vereinigen; die ebenen Felsplatten am Fuße eines Gebirges sind durch sie nicht erklärbar, sofern sie nicht auf nachträglichen tektonischen Störungen beruhen. Dieser Punkt wird bei der Aufstellung von Rumpfflächen oft viel zu wenig beachtet.

Unebenheiten der Flächen mariner Abrasion werden wohl großenteils von Härteunterschieden der Gesteine abhängen und ziemlich unregelmäßig angeordnet sein; die Unebenheiten der Flächen festländischer Einebnung dagegen werden, auch wenn eine Anpassung an Härteunterschiede vorhanden ist, immer die Form von Talsystemen und wasserscheidenden Rücken zeigen müssen. Bei jenen spielt die Durchlässigkeit des Gesteines kaum eine Rolle, bei diesen dagegen wird sich die Verschiedenheit der Abtragung in durchlässigem und undurchlässigem Gestein zu erkennen geben. Auch die Beschaffenheit der bedeckenden Ablagerungen wird in beiden Fällen verschieden sein: marine Deckschichten weisen auf marine, festländische auf festländische Einebnung hin.

Rumpfflächen festländischer Entstehung müssen auch wirklich die Merkmale der „Greisenhaftigkeit" zeigen, also namentlich breite Talböden mit ganz flachen Hängen; man hat oft den Fehler begangen, daß man die auf Rumpfflächen wie auf Landterrassen überall vorhandenen Dellen für solche greisenhafte Täler genommen hat, obgleich sie tatsächlich ganz junge Gebilde sind. Das häufige Vorkommen „greisenhafter" Oberflächen wird nur dann als wahrscheinlich angesehen werden können, wenn auch das Zwischenstadium des „Alters" öfters nachgewiesen wird.

Wenn wir ehrlich sein wollen, müssen wir gestehen, daß uns die Bildungsweise der Rumpfflächen bei keiner der beiden Annahmen ganz klar ist. Ich kann das ja für die festländische Entstehung um so unbefangener aussprechen, als ich einen der ersten Versuche gemacht habe, die Theorie allgemeiner festländischer Einebnung scharf zu begründen, mein Widerspruch sich also nicht gegen eine mir neue und fremde Vorstellung richtet. Bei *Davis* und seinen Schülern beruht die Theorie der Rumpfflächen lediglich auf einer geometrischen Konstruktion, d. h. auf der fortschreitenden Abflachung sowohl der

Erosionskurve wie der Talhänge, nicht aber auf Beobachtung der Vorgänge, die die Einebnung bewirken. Trotz der dagegen erhobenen Bedenken nehmen sie diese theoretische Konstruktion in einer gewissen wissenschaftlichen Apathie viel zu sehr als eine abgemachte Sache hin, um die man sich nicht mehr zu bemühen brauche. Meiner Überzeugung nach ist kaum eine andere morphologische Aufgabe so wichtig wie die genaue Untersuchung der Vorgänge des Landes oder der Küste, die zu solcher weitreichenden Einebnung führen können.

Neben diesen beiden Theorien stehen gewisse andere Auffassungen, die mehr als Abänderungen jener aufzufassen sind. Unter dem Eindrucke der Wüste hat, wie schon angedeutet wurde, *Walther* den Wind, unter dem Eindrucke der Inselberglandschaften in periodisch-feuchten Tropen *Passarge* neben dem Winde die Wirkung der gewaltigen Regenfluten, namentlich beim Vorhandensein einer den Boden schützenden Kalkkruste, zur Erklärung der Einebnung herangezogen und auch die Wirkung trampelnder Tiere betont, und neuerdings hat er für die Polargegenden auf den Bodenfluß hingewiesen.[1]) Wir haben ja früher gesehen, daß er die Abtragung im Waldklima der gemäßigten Zone — wohl mit Unrecht — überhaupt leugnet; für ihn ist daher festländische Einebnung in feuchten Waldländern unmöglich, und er gesteht ihre Möglichkeit nur für die Steppenländer der Tropen und für die Polarzone zu. Die Häufigkeit des Auftretens rezenter Felsplatten in Verbindung mit Inselbergen in den Tropen ist in der Tat auffallend, und auch für die permo-karbonische Rumpffläche hält *Strigel* wegen der Beschaffenheit des Rotliegenden die Entstehung in einem tropischen Savannen- oder Steppenklima für wahrscheinlich.[2]) Aber die Einebnung von Gebirgen in beliebiger Meereshöhe, unabhängig vom Gleichgewichtsprofil der Flüsse, ist auch bei dieser Auffassung kaum möglich, weil die Regenfluten, falls sie nicht schon vorher versiegen und ihren Schutt ablagern, in die Flüsse führen müssen, sich in dieser Beziehung also nicht anders als die Rinnsale unseres Klimas verhalten. Sie werden bei tafelartiger Lagerung der Schichten, vielleicht auch bei Rumpfflächen neue, tiefer liegende Einebnungen schaffen können; aber es ist kaum abzusehen, wie sie Gebirge

1) Zusammenfassend in der Physiologischen Morphologie, 1912, S. 181 ff.
2) Jahresbericht d. oberrhein. geol. Vereins N. F. VIII, 1919, S. 123.

abhobeln könnten. Und vom Winde gilt das Gleiche. So scheint jetzt auch *Passarge* die Sache aufzufassen. Die allgemeinen Bedenken gegen den enormen Vorgang festländischer Einebnung werden also dadurch nicht aus dem Wege geräumt.

Einen andern Weg hat *Walther Penck* in seinem Buche über die Puna von Atacama eingeschlagen. Er faßt das Problem an der Wurzel an, indem er mit der Auffassung Ernst macht, daß die tektonischen Gebilde nicht erst fertig in die morphologische Betrachtung eingestellt werden dürfen, sondern immer schon während ihrer Entstehung umgeformt werden. Auch für ihn ist die Abtragung und Einebnung kein mariner, sondern ein festländischer Vorgang; aber er setzt nicht erst nach der vollzogenen Hebung, sondern zugleich mit der nur langsam erfolgenden Hebung ein und hält mit ihr gleichen Schritt, in ähnlicher Weise, wie die Bildung überlebender oder antezedenter Täler mit der Hebung gleichen Schritt hält. Die flache tektonische Oberfläche hört also gar nicht auf, flach zu sein, sondern wird nur unmerklich in eine flache Abtragungsfläche, Rumpffläche, verwandelt, und erst wenn die Gebirgsbildung nachher schneller und zwar in der Form einfacher Hebung erfolgt, wird die Rumpffläche in die Höhe getragen und tritt uns nun auf der Höhe des Gebirges entgegen, nur allmählich von Flüssen angegriffen, die von den Rändern her arbeiten. Die Auffassung begegnet sich also mit *Schmitthenners* Auffassung der Landterrassen; denn auch bei der Theorie von *Walther Penck* müßte die Abtragung, wenigstens in feuchtem Klima, durch den Vorgang der Dellenbildung vor sich gehen, der bei einer so flachen Erhebung natürlich ebenso einsetzt wie über den harten Bänken von Tafelländern. Im periodisch-feuchten Klima würde der Vorgang der Abtragung und Einrumpfung vielleicht noch intensiver, aber im Wesen nicht anders sein. Er würde sich auch hier in geringer Höhe über dem Meeresspiegel oder auch über binnenländischen Erosionsbasen vollziehen. So verliert der Vorgang die schwer vorstellbare Größe, die ihm anhaftet, wenn ein Gebirge von der Höhe der Alpen oder noch höher in verhältnismäßig kurzer Zeit bis zum Meeresspiegel abgetragen und ganz eingeebnet werden soll, um dann von neuem gehoben zu werden. Das Auftreten junger Rumpfflächen in großer Meereshöhe wird leichter verständlich, und ein Teil der Bedenken, die ich früher gegen die Peneplains in der *Davis*schen Auffassung geäußert habe, wird dadurch behoben. Aber dieser würde durch die neue Auffassung, wenn sie sich bei der Unter-

suchung anderer Gebiete bestätigt, ein schwerer Schlag versetzt; denn die Peneplains als Stadium der Greisenhaftigkeit müssen als deren eigentlicher Kern angesehen werden. Der Widersinn, daß ein Leben mit Greisenhaftigkeit beginnt, dürfte auch den begeistertsten Anhängern der Lebenstheorie zu groß sein.

3. Andere Einebnungen.

Ehe wir an die schwierige Frage des Vorhandenseins rezenter Rumpfflächen und an die Kritik der Beweise herantreten, die dafür angeführt werden, müssen wir uns fragen, welche Unterschiede zwischen den Landterrassen und den Rumpfflächen bestehen, ob es neben diesen beiden noch andere durch Abtragung entstandene Felsplatten von mehr örtlicher Ausdehnung gibt, und wie sie sich von jenen beiden, namentlich von den Rumpfflächen, unterscheiden. Denn solange man darüber nicht unterrichtet ist, liegt immer die Gefahr vor, daß man sie mit Rumpfflächen verwechselt, daß man solche aufstellt, wo es sich in Wahrheit nur um örtliche Einebnungen handelt.

Die Landterrassen sind, wie wir gesehen haben, mehrfach fälschlich für „Fastebenen" genommen worden, indem man sie auf das Gleichgewichtsprofil der Flüsse bezogen hat. Tatsächlich hängen sie, wie wir erörtert haben, nicht von diesem, sondern von dem Gestein ab. Der Wechsel von Ebenheiten und Landstufen ist keine mehr oder weniger nebensächliche Unregelmäßigkeit, sondern macht gerade das Wesen der Erscheinung aus; das Auftreten von Landstufen ist daher mit der Annahme einer Rumpffläche unverträglich, wenn wir von der die Kämme der Stufen schneidenden Konstruktion von Rumpfflächen hier absehen. Auch bei tafelartiger Lagerung der Schichten könnte es bis zur Bildung von Rumpfflächen kommen; aber sie würden anders als die Stufenlandschaften aussehen: die Stufen müßten fehlen oder ganz flach sein; ich weiß nicht, ob solche Rumpfflächen bekannt sind. Über die Unterscheidung der eigentlichen Stufenländer von solchen Rumpftafelländern kann kein Zweifel bestehen. Auch die großen stufenförmig gegliederten Basaltdecken kann man nicht mit Rumpfflächen verwechseln; dagegen sind Verwechslungen eher möglich, wenn innerhalb eigentlicher Gebirge wenig geneigte Schichten in größerer Ausdehnung auftreten. *Braun* überzieht den Nordabhang des nördlichen Apennins mit einer „Peneplain"; aber die dortigen Einebnungen fallen so deutlich mit be-

stimmten Gesteinen zusammen und liegen dabei in mehreren Stockwerken über einander, daß ihre Erklärung als Landterrassen wahrscheinlicher ist.[1]) Eine eigentümliche Verbindung der Natur von Landterrassen und Rumpfflächen stellen die Oberflächen des alten Grundgebirges dar, wie sie im Schwarzwald, Odenwald und Spessart und auch sonst vielfach als Unterlage von Stufenlandschaften herauskommen: ihrer ursprünglichen Entstehung nach sind sie alte permo-karbone Rumpfflächen, die von jüngeren Schichten überdeckt worden sind; hinsichtlich ihrer Wiederentblößung aber Landterrassen, denn die Abtragung der Deckschichten ist als Vorgang der Denudation ohne Beziehung auf die Talsohle erfolgt.

Ähnliche Vorgänge der Dellenbildung und allmählichen Erniedrigung des Landes wie in den weichen Schichten der Tafellandschaften finden auch, nur der größeren Härte des Gesteins entsprechend viel langsamer, auf den Rumpfplatten statt. *Schmitthenner* hat sie für den nördlichen Schwarzwald beschrieben; aber sie sollten auch auf anderen Rumpfplatten mehr als bisher untersucht werden. Möglicherweise hängen damit, wenigstens zum Teil, die Einebnungen zusammen, die man als junge Peneplains aufgefaßt hat. Auch die Ansichten *Passarges* über die Intensität der Wirkung des spülenden Wassers in den Wüstensteppen oder überhaupt in periodisch-feuchten Tropenländern würden gerade auf diese Fälle Anwendung finden. Es ist fraglich, ob die mit den Inselbergen verbundenen Felsplatten ursprüngliche alte Rumpfflächen oder nicht vielmehr nur aus solchen, deren Ursprung dahin gestellt bleibt, nachträglich herausgearbeitet worden sind und noch heute weiter herausgearbeitet werden; denn an den Inselbergen ist der Vorgang der Zerstörung (hauptsächlich durch Abschuppung) in vollem Gange.[2])

Neben die Landterrassen, für die die Abhängigkeit vom Gestein charakteristisch ist, treten Felsplatten, die an ein klimatisches Niveau gebunden zu sein scheinen. Auf die Möglichkeit einer solchen Ent-

---

1) Ich stütze mich dabei auf die Beobachtungen, die wir auf einer Exkursion im Jahre 1912 bei der Durchquerung des Apennins zwischen Modena und Lucca gemacht haben.

2) Über die höchst interessanten und wichtigen Inselberglandschaften vergl. besonders die Arbeiten von *Bornhardt*, *Passarge*, *Obst*, die sich alle auf afrikanische Landschaften beziehen. Die Inselberglandschaften Vorder-Indiens und Brasiliens sind fast noch gar nicht untersucht.

stehung hat schon vor längerer Zeit *Ed. Richter* hingewiesen.[1]) Wenn glaziale Kare im Laufe der Zeit zurückgelegt werden, so können vor ihnen die Karböden erhalten bleiben und die Böden benachbarter Kare durch die Abtragung der trennenden Karwände zu Karplatten zusammenwachsen. Auch die auf den entgegengesetzten Seiten eines Kammes gelegenen Kare werden sich einander immer mehr nähern, die trennenden Kammstücke werden immer schmäler und schließlich ganz abgetragen werden, so daß die beiderseitigen Kare zusammenstoßen und verschmelzen; an die Stelle des ehemaligen Kammes wird eine flach gewölbte Hochfläche treten. In Gebirgen von alpinem Bau werden diese Hochflächen immer nur schmal sein, weil sie ja den einzelnen Ketten angehören; aber sie werden auf allen Kämmen ähnlich wiederkehren können. In einem zusammenhängenden Hochlande, wie dem norwegischen, können solche Hochflächen vielleicht größere Ausdehnung haben; aber daß wirklich so ausgedehnte Hochflächen wie die norwegischen Fjelde auf diese Weise entstehen können, dürfte sehr zu bezweifeln sein. Als Erkennungszeichen dieser Art von Felsplatten würden die Lage im Niveau der Firngrenze und die glaziale Bearbeitung dienen.

Passarge[2]) will in ähnlicher Weise Felsplatten über der oberen Waldgrenze in der Mattenregion entstehen lassen, in der wegen der Lockerheit der Pflanzendecke die Abtragung viel stärker als im Walde sei. Der Nachweis solcher Entstehung ist nicht geliefert worden, und auch die innere Wahrscheinlichkeit dafür ist gering, weil die Abtragung im Walde nicht so unbedeutend ist, wie *Passarge* sie einschätzt.

Ein besonderes Niveau der Ausbildung von Felsplatten ist auch der Meeresspiegel. Sowohl nach der Theorie der marinen Abrasion, die bei allmählicher Senkung des Landes gerade im jeweiligen Meeresspiegel erfolgt und zur Bildung einer mehr oder weniger ausgedehnten Platte dicht unter den Meeresspiegel führen muß, wie nach der gewöhnlichen Theorie der festländischen Einebnung, die ja auf den Meeresspiegel hin erfolgt, sollte man erwarten, gerade im Meeresspiegel recht viele und ausgedehnte Felsplatten zu finden. Vielleicht haben wir die von Flachsee bedeckten kontinentalen Platt-

1) Sitz.-B. d. Ak. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. CV S. 147 ff. Vergl. Geogr. Zeitschr. 1897 S. 47.

2) Physiologische Morphologie S. 42.

formen als untergetauchte Rumpfplatten anzusehen, vielleicht liegen auch unter den meisten Tiefebenen Felsplatten verborgen. Dagegen haben Felsplatten wie die schwedische und die finnische wohl nichts mit dem heutigen Meeresspiegel zu tun, abgesehen von der eigentlichen Strandplatte, die zwischen das übrige Tiefland und das Meer eingeschaltet zu sein scheint. Von größter Deutlichkeit ist eine solche Strandplatte an der Westküste Norwegens, für die die geringe Ausdehnung landeinwärts und ihr Aufhören am steilen Anstiege des Hochlandes charakteristisch sind; da dieser steile Anstieg kein Bruchrand zu sein scheint, kann es sich um keine allgemeine Einebnung auf dem Festlande handeln. Am wahrscheinlichsten ist die Erklärung durch marine Abrasion, die in einer bestimmten Höhe zum Stillstande gekommen ist; aber der Beweis dafür ist noch nicht geliefert. Auch an anderen Küsten kommen Felsplatten vor, die man kaum anders auffassen kann. Dagegen wollen für die große Piedmontebene zwischen dem Ostfuße der Appalachen und der angeschwemmten atlantischen Küstenebene die meisten amerikanischen Forscher diese Auffassung nicht gelten lassen, sondern nehmen festländische Entstehung an, von der wir uns aber, sofern der hintere Rand nicht auf einer tektonischen Dislokation beruht, bisher keine rechte Vorstellung machen können.

Auch im Binnenlande finden sich schmale Felsplatten, oder sind doch solche behauptet worden, die nach hinten einen starken Gefällsbruch zeigen, also in dieser Beziehung mit der Piedmontfläche übereinstimmen. Sehr auffallend ist die Granitplatte am Südfuße des castilianischen Scheidegebirges, die allerdings zu einem anderen Typus gehören mag. *Penck* und *Brückner* nehmen eine große Felsplatte im Untergrunde der Aufschüttungsmassen der Schweizer Hochebene an. Kleineren Maßstabes sind die Felsterrasse am Nordabhange des Riesengebirges oder die über einander liegenden Felsterrassen, die *Marg. Kirchberger* am Nordabhange des rheinischen Schiefergebirges nachgewiesen hat. Auch *Braun* läßt seine Peneplain des Nord-Apennins am steilen Anstiege des Hoch-Apennins endigen. Man kann alle diese Felsplatten von beschränkter Ausdehnung und mit steilen Gebirgshängen im Hintergrunde nicht zu den Rumpfflächen rechnen, wenn man diesen Begriff nicht willkürlich erweitern will. Die für diese aufgestellten Erklärungen finden auf jene keine oder doch nur teilweise Anwendung. Für die Auffassung als Strandplatten liegt bei den meisten von ihnen kein Anhalt vor. Zur allge-

meinen festländischen Einebnung steht, wie oben (S. 94) schon gesagt worden ist, der hintere Gefällsbruch im Widerspruch, wobei es gleichgültig ist, welchem Klima sie angehört und ob es sich um die Einebnung eines fertigen Gebirges oder eines gerade erst entstehenden Landes handelt. Sofern die Gefällsbrüche nicht die Folge tektonischer Störungen sind, sind die Erscheinungen noch rätselhaft. In manchen Fällen möchte man an die Wiederaufdeckung alter Gebilde denken.

Von wesentlich anderer Art als die Felsplatten, die aus flacher Lagerung des Gesteins hervorgehen oder an bestimmte klimatische Niveaus oder an den Meeresspiegel gebunden sind, sind die Einebnungen, die auf Trockenheit des Klimas oder Durchlässigheit des Gesteins und dadurch bedingter Abflußlosigkeit beruhen. Ihre Entstehung hat eine gewisse Ähnlichkeit mit allgemeiner festländischer Einebnung; aber die Erosionsbasis ist nicht das Meer, sondern die örtlich umgrenzte Stelle des Versiegens oder Einsinkens des Flusses. An Stelle einer zusammenhängenden Fläche können daher nur viele kleine Flächen entstehen.

Das Wesen der Zentralgebiete im Gegensatze zu den peripherischen Gebieten hat uns zuerst *Richthofen* verstehen gelehrt; aber er legte das Hauptgewicht auf die allmähliche Ausfüllung der zentralen Becken mit dem Schutte der umgebenden Gebirge. Erst *Passarge* zeigte auf Grund von Untersuchungen in den algerischen Schotts, daß diese Schuttdecke oft nur wenig mächtig ist, und daß darunter Felsplatten liegen, die durch den Wind und das spülende Wasser entstanden und wohl gegen die örtliche Erosionsbasis abgedacht sein müssen. An *Passarge* sich anlehnend hat auch *Davis* den Gedanken aufgenommen und weiter entwickelt; es besteht also Übereinstimmung darüber, daß Felsplatten der Zentralgebiete von den allgemeinen Rumpfflächen unterschieden werden müssen. Sie sind unabhängig von der Meereshöhe und nur an ein bestimmtes Klima gebunden. Die Zerschneidung solcher Platten hat nichts mit Hebung zu tun, sondern ist eher durch einen Klimawechsel bedingt, kann aber wohl auch ohne einen solchen durch das automatische Einschneiden der Gewässer von den feuchteren Randgebieten her geschehen. Vielleicht haben auch die Platten am Fuße des castilischen Scheidegebirges diese Entstehung.

Als Zentralgebiete besonderer Art, nicht von klimatischer, sondern lithologischer Bedingtheit, können die Karstgebiete aller Klima-

zonen aufgefaßt werden. Während sich in jenen die Flüsse verlieren, weil sie durch die Verdunstung aufgezehrt werden und im kahlen Boden versickern, so versinken sie hier am unteren Ende der Poljen oder in kleinerem Maßstabe überall im Gestein, um unterirdisch weiter zu fließen. Obgleich der Fluß auch auf seinem unterirdischen Laufe arbeitet, steht diese Arbeit zunächst in keinem Zusammenhange mit der oberirdischen Arbeit weiter aufwärts. Die Stelle des Versinkens muß als örtliche Erosionsbasis wirken; gegen die Schlundlöcher und namentlich den Boden der Poljen hin wird das Land von allen Seiten her abgeflacht und eingeebnet. Dadurch entstehen zwar keine wirklichen Ebenen oder Rumpfflächen, weil die verschiedenen Einebnungen immer durch Bodenschwellen und Felsriffe von einander getrennt bleiben; aber weil die Höhenunterschiede gering sind, kann man bei einem Überblick über eine solche Landschaft wohl den Eindruck zusammenhängender Rumpfflächen bekommen und jene Schwellen und Riffe als unwesentliche oder nachträglich gebildete Störungserscheinungen ansehen.[1]) Die Zerstörung dieser Karsthochflächen geschieht, ähnlich wie die Zerstörung der Hochflächen der Zentralgebiete, durch das automatisch von den Rändern her erfolgende Einschneiden einzelner Täler, die wahrscheinlich meist oder doch oft durch die Umwandlung unterirdischer Höhlengänge entstehen. Charakteristisch bleibt immer die Spärlichkeit der Flüsse und Täler und ihr weiter Abstand von einander; nur allmählich wird das Flußnetz dichter, indem die Taleinschnitte neue Quellen eröffnen.

4. Das Vorkommen von Rumpfflächen und die Kriterien ihrer Rekonstruktion.

Von diesen Flächen mehr örtlicher Einebnung kehren wir zu den eigentlichen Rumpfflächen zurück, die ja von viel größerer Bedeutung sind und deren Entstehung das eigentliche Problem bildet.

Wenn wir ihr Auftreten und ihre Verbreitung über die Erde beurteilen wollen, müssen wir genau auf ihr Alter und ihren Erhaltungszustand achten. Wir können zwischen fossilen Rumpfflächen, deren Entstehung längst vergangenen geologischen Perioden angehört und

1) Diese Vorgänge sind besonders von *Cvijić* beschrieben worden. Ich habe für den Schweizer Jura darauf hingewiesen und eine Kritik der von *Brückner* behaupteten Rumpfflächen darauf begründet (Geogr. Zeitschr. 1912 S. 515 ff.)

völlig abgeschlossen ist, und rezenten Rumpfflächen unterscheiden, deren Bildung zwar nicht gerade in der Gegenwart fortzudauern braucht, aber junger geologischer Zeit angehört und in den heutigen Gebirgsbau hineinpaßt.

Es ist eine der bemerkenswertesten Tatsachen, daß die meisten Rumpfflächen, die im heutigen Landschaftsbilde eine Rolle spielen, geologisch alt sind, nach ihrer Bildung vielfach von jüngeren marinen oder festländischen Ablagerungen überdeckt gewesen und von Verwerfungen und Hebungen betroffen worden sind. Manche scheinen aus dem Kambrium, viele aus der Devonzeit zu stammen und der devonischen Faltung gefolgt zu sein, nicht nur in Nord-Europa, sondern nach *Chudeau* auch in der südlichen Sahara. Die meisten bekannten Rumpfflächen sind bald nach der mittelkarbonischen Faltung und den jungkarbonischen und permischen Verwerfungen und Ergüssen entstanden, gehören also dem oberen Karbon und Perm an: so die des deutschen Mittelgebirgslandes, des französischen Zentralplateaus und der Bretagne, Südwest-Englands, aber auch der Appalachen, des Urals, des Tian-Schans, der nördlichen Sahara u. a. Alle diese Rumpfflächen sind für die geographische Betrachtung fertige Gebilde, deren Erklärung sie der Geologie überläßt. Sie gehören dem inneren Bau, der Tektonik an. Von geographischem Belang ist nur, wie sie von den darüber liegenden Schichten, soweit sie solche trugen, wieder befreit worden sind, und welche Umbildungen sie in junger geologischer Zeit erfahren haben, ob etwa gar, wie viele Forscher annehmen, die alten Rumpfflächen durch junge geschnitten werden.

Aus dem geologischen Mittelalter sind kaum Rumpfflächen bekannt. Es muß dahingestellt bleiben, ob keine entstanden oder ob sie, sei es wegen tafelartiger Lagerung der Schichten, sei es wegen Einbeziehung in junge Faltung, zu schwer zu erkennen sind.

Die Frage, die uns vom geographischen Standpunkte aus am meisten interessiert, ist die Frage, ob und in welchem Umfange in der geologischen Neuzeit, d. h. in der Zeit nach den jüngeren, den heutigen Bau bestimmenden Faltungen, Verwerfungen und vulkanischen Ergüssen, Rumpfflächen gebildet worden sind. Bis vor kurzem ist von solchen, von den Strandplatten abgesehen, kaum die Rede gewesen; seitdem sind sie unter dem Einflusse von *Davis* in der deutschen und französischen Morphologie Mode geworden. Und heute gilt bei vielen Forschern ihr Vorhandensein, oft sogar in

mehrfacher Wiederholung, als eine gar nicht zu bezweifelnde Tatsache. Der Nachweis solcher modernen Rumpfflächen oder, wie sie meist sagen, Peneplains steht heute im Mittelpunkt ihrer Untersuchungen; mit der größten Leichtigkeit entschließen sie sich zu der Annahme vollständiger Einebnung der Gebirge und darauf erfolgter neuer Hebung und Erosion, ja einer von ihnen hat sich sogar so weit verstiegen, darin überhaupt den Beginn einer wissenschaftlichen Morphologie zu erblicken.[1])

Für die deutschen Mittelgebirge hat zuerst *Philippi*, und zwar in einer gründlichen Untersuchung[2]), die Existenz einer verhältnismäßig jungen, immerhin aber präoligozänen Rumpffläche (oder, wie er wenig präzis sagt: Landoberfläche) in Südost-Thüringen nachzuweisen gesucht, die sich vom alten Schiefergebirge, den Buntsandstein meist überspringend, auf den Muschelkalk hinüberziehen und auch die am Anfange der Kreidezeit entstandenen Dislokationen eingeebnet haben soll. Andere haben diese Einebnung, meist ohne den Versuch eines Nachweises, auf andere deutsche Landschaften übertragen, und *Braun* hat eine „germanische Rumpfebene" konstruiert, der er miozänes Alter zuschreibt und die das ganze deutsche Mittelgebirgsland überziehen soll.[3]) Eine ähnliche Auffassung hat *Briquet* für Nord-Frankreich durchgeführt.[4]) In den Rumpfgebirgen, wie dem Frankenwald, dem Erzgebirge, dem rheinischen Schiefergebirge, sollen sie sich mit den alten Rumpfflächen berühren, aber von ihnen unterschieden werden können; in den zu Stufenlandschaften ausgearbeiteten Gebieten mit tafelartiger Lagerung der Schichten sollen sie teils mit den Landterrassen zusammenfallen, teils werden sie über die Stufenkämme gelegt, so daß die Terrassen wenigstens in ihren tieferen Teilen nachträgliche Ausräumungen darstellen. Auch die hoch aufragenden jungen Kettengebirge sind von der Theorie ergriffen worden; sie sollen ihre heutige Anlage nicht der Faltung verdanken, sondern nach der Faltung mehr oder weniger vollständig auf den Meeresspiegel hin eingeebnet und dann von neuem gehoben worden sein; die ganze heutige Bodengestaltung soll in dieser neuen Hebung begründet und nur aus ihr heraus verständlich sein. So hat beispielsweise *Braun* eine solche Auffas-

1) *Reck* in der Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1912 S. 83.
2) Z. d. d. geol. Ges. 1910 S. 305 ff.
3) *Braun*, Deutschland S. 18.
4) *Ann. de Géographie* XVII, 1908, S. 205 ff.

sung für die Apenninen, *Martonne* für die transsilvanischen Alpen, *Brückner* für den Schweizer Jura, *Staff* in extremer Weise für die Alpen, *Östreich* noch extremer für den Himalaja durchgeführt, und *Bailey Willis* hat sogar eine Peneplain durch ganz Asien gelegt.

Bei diesen jungen „Peneplains", mit denen die Wissenschaft freigebig beschenkt wird, fällt sofort auf, daß sie nicht, wie die alten Rumpfflächen, auch nur einigermaßen vollständig erhalten und daher unmittelbar zu beobachten sind, sondern daß sie nur aus anderen Erscheinungen erschlossen werden, die man ohne sie nicht erklären zu können glaubt, daß sie also hypothetische Konstruktionen sind. Das muß sie von vornherein verdächtig machen; denn man sollte eigentlich annehmen, daß junge Rumpfflächen besser erhalten sein müßten als alte, die so viel längere Zeit der Zerstörung ausgesetzt gewesen sind. Das bedarf jedenfalls der Erklärung, wozu ich aber in der Literatur keinerlei Ansatz finde. Man könnte sagen, daß nach den jungen Einebnungen das Land sofort wieder intensiv gehoben worden sei, während den alten Einebnungen eine Periode der Ruhe und der Überdeckung mit festländischen und marinen Ablagerungen folgte; aber eine solche Hilfsannahme müßte bewiesen werden, ehe man sich auf sie stützen kann.

Es ist hier nicht möglich, alle diese behaupteten Rumpfflächen auf die Richtigkeit und Notwendigkeit ihrer Konstruktion zu prüfen; eine solche Prüfung ließe sich nur auf Grund eingehender Untersuchung, und zwar meist nur einer Untersuchung an Ort und Stelle, ausführen.[1]) Hier kann es sich nur um eine grundsätzliche Prüfung der Merkmale und Beweise der Rekonstruktion handeln.

Den ersten, unmittelbarsten und im ganzen auch sichersten Anhalt für eine solche bietet das Vorkommen von Flächenstücken, die im Widerspruch gegen den inneren Bau stehen und unter Umständen über große Verwerfungen hingehen. Hauptsächlich kommen wagrechte oder schwach geneigte Flächenstücke in Betracht, die auf eine allgemeine, mehr oder weniger senkrechte Hebung hindeuten; man hat jedoch auch stärker geneigte Hänge von glatter, flächenhafter Ausbildung als Stücke ehemaliger Rumpfflächen gedeutet, die dann von neuem gefaltet oder doch schräg gestellt

1) *Machatschek* hat neuerdings eine solche Untersuchung für die Gebirge des alpinen Systems durchgeführt (Ztschr. d. Ges. f. Erdkde. 1916 S. 602f. u. 675ff.); obgleich er sich gegenüber manchen Aufstellungen kritisch verhält, scheint mir seine Kritik doch nicht weit genug zu gehen.

worden seien. Aber glatte Flächen, sei es in annähernd wagrechter Lage, sei es als Berghänge, können auch örtlich gebildet werden, ohne daß sie als Bruchstücke größerer Einebnungen angesehen werden müßten. Flächenstücke, sogar von größerer Ausdehnung, können auch Landterrassen, Karplatten, örtlichen Einebnungen im Karst oder in Zentralgebieten u. a. angehören. Einen so gewaltigen Vorgang wie die Hebung des Himalaja auf eine Hochfläche zu begründen, erscheint mir zu kühn.

Ablagerungen von Flußschotter oder -lehm, die sich über weite Flächen erstrecken, beweisen natürlich, daß ihre Unterfläche damals fertig gebildet war. Falls es sich nicht um Zentralgebiete handelt, werden sie meist Gebilde der Tiefebene sein und auf nachträgliche Hebung hinweisen. Aber für die vorangegangene oder gleichzeitige Bildung einer Rumpffläche (Peneplain) sind sie nur beweisend, wenn die Ausdehnung der Ablagerungen groß und der Untergrund eine Felsplatte, aber keine Landterrasse oder andere örtliche Einebnung und auch keine alte (fossile) Rumpffläche ist.

Ein drittes Merkmal für die Rekonstruktion von Ebenen, die als Rumpfflächen gedeutet werden, ist die gleiche Höhe der Gipfel, das Vorhandensein einer Gipfelflur, wie sich *Penck* ausdrückt.[1]) Wenn man von höheren Gipfeln um sich schaut, ist allerdings die gleiche Höhe der Gipfel rund herum oft recht auffallend, und es ist begreiflich, daß gerade die Hochalpinisten sie betonen. Bis zu einem gewissen Grade liegt dabei eine optische Täuschung vor: die senkrechte Dimension ist so viel kleiner als die wagrechte, daß ihre Unterschiede leicht verschwinden; wenn man die Berge vom Tale aus sieht, treten die Höhenunterschiede viel mehr entgegen. Aber auch wirkliche Übereinstimmung ist nicht so wunderbar. Auch bei unmittelbarer, ohne Einschaltung einer Rumpffläche stattfindender Abtragung werden die Gipfel wahrscheinlich ungefähr gleiche Höhe haben. Die Verwitterung wirkt im allgemeinen um so stärker, je größer die Höhe ist, und strebt daher nach deren Ausgleich. Viel wichtiger aber ist, wie zuerst wohl *Ed. Richter* bemerkt hat, daß die Talhänge einen bestimmten Winkel nicht überschreiten können, und daß alle Erhebungen, die über dies normale Gehänge und die Schnittlinie der Gehänge zweier benachbarter Täler zu liegen kommen, der Zer-

1) Vgl. die ausführliche Erörterung in *Pencks* Morphologie Bd. II S. 161 ff. und neuerdings in dem Aufsatz über die alpine Gipfelflur, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin.

störung zum Opfer fallen müssen, wodurch eine gewisse Gleichheit der Gipfelhöhen bewirkt wird. Das wird um so mehr der Fall sein, je weiter die Abtragung vorgeschritten ist. Man kann darin eine Annäherung an eine Rumpffläche sehen; aber die Ableitung ihrer Entstehung aus einer Rumpffläche ist, bis auf weiteren Beweis, eine vage Hypothese.

Ein vierter Ausgangspunkt für die Konstruktion alter Rumpfflächen ist der zwischen dem inneren Bau und der Oberflächenform bestehende Widerspruch, der sich bis zur völligen Umkehr (Inversion) steigern kann, so daß wir an Stelle von tektonischen Gewölben oder von Horsten Täler oder andere Einsenkungen, an Stelle von tektonischen Mulden oder von Gräben Kämme finden. Schon die englischen Geologen der 60er Jahre, die diesem Problem beim Studium der Wealdlandschaft ihre Aufmerksamkeit zuwandten, wußten sich keinen anderen Rat, als in den normalen Gang der Abtragung die Bildung einer Fläche mariner Abrasion einzuschalten, damit die weicheren Schichten des Gewölbekernes dem Angriffe der auf dem Festlande abtragenden Kräfte zugänglich würden. Auch viele moderne Morphologen halten Synklinalkämme und Antiklinaltäler oder die Ausbildung tektonischer Horste als Einsenkungen und tektonischer Gräben als Berge ohne die Annahme einer „Peneplain" für unmöglich und entnehmen aus ihrem Auftreten einen Anhalt für die Konstruktion alter Rumpfflächen. Bei *Briquet* und bei *Philippi* spielt dieser Beweis für die Annahme einer präoligozänen Landoberfläche (Peneplain) ein große Rolle, und er ist auch für *v. Staff* einer der Gründe für seine durch die Gipfel der Alpen gelegte Fastebene. Auch die Bildung einer Schichtstufenlandschaft wie der schwäbisch-fränkischen soll, wie wir gesehen haben, nur unter der Annahme einer die Köpfe der Stufen verbindenden Abtragungsebene möglich sein. Eine solche Annahme, die den Vorgang kompliziert, darf man nach den logischen Regeln der wissenschaftlichen Forschung nur machen, wenn man sie als notwendig, d. h. einfachere Annahmen als unzureichend erweist. Diesen Beweis vermisse ich: warum soll die Erscheinung nicht durch direkte Erosion, ohne die Vermittlung einer Rumpffläche, bewirkt sein können? Sobald die Täler so tief eingeschnitten werden, daß ihr Boden tiefer als der Boden der tektonischen Mulden oder Gräben liegt, wie es, besonders bei einer Hebung des ganzes Gebirges, leicht vorkommt, werden die dazwischen liegenden Gebirgskörper von der Erosion und Denudation erfaßt

und je nach der Widerständigkeit des Gesteins, ohne Rücksicht auf den ursprünglichen Bau, mehr oder weniger abgetragen, so daß die Böden von Mulden oder Gräben zu Bergkämmen werden können; einer dazwischen eingeschalteten Einebnung bedarf es dazu nicht.

Fünftens stützt man sich auf die Anordnung des Flußnetzes, besonders auf das Auftreten und Vorherrschen von Tälern, die keine Rücksicht auf Faltenbau und Verwerfungen nehmen, beiden gegenüber gleichgültig oder, wie *Staff* sagt, indifferent sind; ein solches Flußnetz habe sich nur auf einer gleichmäßig geneigten Oberfläche ausbilden können. Hieran ist richtig, daß sich das Vorherrschen großer, ganze Bergketten durchbrechender Quertäler bei lockerem Faltenbau nicht unmittelbar erklären läßt; *Rütimeyer* und *Heim* haben ja längst den Gegensatz erkannt, der in dieser Beziehung zwischen dem Talnetze der Alpen und dem des Schweizer Juras besteht. Aber man hat ihn aus der dichten Aneinanderdrängung der Falten, bei der die Mulden nicht zu orographischem Ausdruck kommen können, genügend erklärt, und wenn wir mit der neueren tektonischen Auffassung an die Stelle dicht gedrängter Falten überschobene Decken setzen, die sich auswärts neigen, so besteht erst recht keine Schwierigkeit, das Vorherrschen von Quertälern zu erklären, die in Bezug auf den heutigen, aus den Decken herauspräparierten Faltenbau epigenetisch sein würden.

Einen sechsten Anhalt für die Rekonstruktion von Rumpfflächen findet man im Mäandrieren der Flüsse. Einzelne Krümmungen und Windungen könnten auch ohne weiteres entstehen, aber eine systematische Anlage regelmäßiger Windungen, die den ganzen Lauf beherrschen, sei nur möglich, wenn der Fluß träge dahinschleiche und durch die kleinsten Hindernisse abgelenkt werde, und wenn die so entstandenen Krümmungen sich immer weiter auszögen. Zur Ausbildung von Mäandern genügt jedoch das Vorhandensein eines breiten Talbodens, der noch im Bergland eingesenkt sein kann und keine Rumpffläche zu sein braucht.

Einen letzten Beweisgrund hat man der Beschaffenheit der Ablagerungen am Fuße des Gebirges entnommen; wenn dieses eingeebnet war, müssen die Ablagerungen feinerdig sein. *Braun* hat das die Methode der Gebirgsränder genannt. Der Gedankengang ist richtig, und es muß jeweils geprüft werden, ob das Merkmal vorhanden ist. *Penck* hat durch die groben Gerölle in allen jungtertiären Ablagerungen am Alpenfuße die *Staff*sche Annahme widerlegt.

Ich will nicht leugnen, daß es junge Rumpfflächen gibt oder geben kann; aber von den vielen Rumpfflächen, die jetzt in der Literatur auftauchen, sind nur wenige als wirkliche Flächen vorhanden, die meisten nur aus allerlei Anzeichen erschlossen, konstruiert, und die Anhaltspunkte für diese Konstruktion sind meist ziemlich unsicher. Man kann sich die Entstehung der Formen, zu deren Erklärung sie erfunden worden sind, meist ebenso gut anders, einfacher vorstellen, und zum Teil sind sogar direkte Beweise gegen die Existenz solcher junger Einebnungen da.

Dazu kommt die große innere Unwahrscheinlichkeit des ganzen Vorganges nach der Theorie der „Peneplain"; denn die marine Abrasion kommt für diese vermeintlichen jungen Einebnungen kaum in Betracht. Schon die Einebnung eines ganzes Gebirges bis nahezu auf den Meeresspiegel, also nach der *Davis*schen Ausdrucksweise der Ablauf eines Zyklus bis zur Greisenhaftigkeit, ist ein gewaltiger Vorgang, der, wenn er sich überhaupt je ganz vollzieht, Jahrhunderttausende oder vielleicht Millionen von Jahren in Anspruch nehmen müßte. Es ist kaum möglich, ihn in eine geologisch so kurze Zeit hineinzupressen, wie es ein Teil der Miozän- oder Pliozänzeit wäre. Und das wäre doch erst die eine Hälfte des Vorganges. Denn die so entstandene Fastebene soll danach von neuem gehoben und so stark zerstört worden sein, daß so gut wie nichts mehr von ihr erhalten ist, sondern daß sie nur durch mittelbare Schlüsse festgestellt werden kann. Das widerspricht zum mindesten allen bisherigen Denkgewohnheiten der Geologie und Morphologie. Für eine solche Umwertung aller Werte müssen triftige Gründe beigebracht werden. Es genügt nicht, deduktiv die Möglichkeit abzuleiten, sondern es müssen tatsächlich Beweise geliefert und es muß durch sorgfältige Analyse der Formen gezeigt werden, daß andere einfachere Annahmen nicht zum Ziele führen. Beides vermißt man in den meisten Arbeiten der modernen morphologischen Schule. Wieder erkennt man hier, daß die Anwendung eines deduktiven Schemas auf die Natur nicht der richtige Weg ist, um dieser ihre Geheimnisse abzulauschen, sondern daß das nur sorgfältiger induktiver Forschung gelingen kann.

Leichter wird die Vorstellung nach der Auffassung von *Walther Penck*, nach der der ganze erste Zyklus wegfällt, vielmehr die Einebnung sofort beginnt und eine Hebung überhaupt erst danach folgt. Die präoligozäne Rumpffläche Thüringens und anderer mitteldeutscher

Landschaften könnte man sich so entstanden denken. Die neue Hypothese bedarf natürlich erst einer sorgfältigen Prüfung, die sich nicht nur auf die morphologischen Verhältnisse im engeren Sinne beziehen darf, sondern auch die tektonische Auffassung in Rechnung stellen muß. Wenn man sich die Faltung, wobei ich die großen Überschiebungen einbegreife, als einen in der Tiefe vor sich gehenden Vorgang denkt, so wird man sich mit einer Einebnung der Falten im Meeresspiegel eher befreunden können, als wenn die Faltung hoch aufragende Gebirge schafft.

So schließt unsere Betrachtung mit einem großen Fragezeichen. Aber in den acht Jahren, die verflossen sind, seit ich den Aufsatz über Rumpfflächen und Pseudorumpfflächen schrieb[1]), der nur mit Zweifeln und Verneinungen abschloß, hat sich das Bild doch etwas geändert. Das Bild der Landterrassen läßt sich jetzt, und zwar ohne jede Beziehung auf „Peneplains", ziemlich positiv darstellen, und für die Erklärung moderner Rumpfflächen zeigt sich ein Weg. Die deduktiven Konstruktionen von Peneplains aber und die haltlosen Spekulationen über die Einebnung ganzer Gebirge durch den Ablauf eines Erosionszyklus und ihre neue Hebung und Zerstörung müssen jetzt ebenso bestimmt wie damals abgelehnt werden.

VII. Bauplan und Baustil der Gebirge.

1. Bau und Abtragung.

Für die naive Auffassung sind die Kämme und Berge, überhaupt die Vollformen das unmittelbar Gegebene, die Täler und überhaupt die Hohlräume keine selbständigen Gebilde, sondern die zwischen jenen übrig bleibenden Lücken. Auch die Wissenschaft hat diese Auffassung zunächst übernommen. Als sie der Entstehung der Gebirge näher trat, faßte sie sie mehr oder weniger so, wie sie uns in der Natur entgegentreten, als tektonische Gebilde auf, die ihre Entstehung hauptsächlich einer Hebung verdankten; die Täler waren bei der Hebung gebildete klaffende Spalten. Diese Auffassung war ein notwendiger Durchgangszustand, und man sollte darum nicht hochmütig auf sie herabsehen. Der erste Schritt der Erkenntnis mußte sein, daß man die Abhängigkeit der Oberflächenformen vom inneren

1) Geogr. Zeitschrift 1913 S. 185 ff.

Bau feststellte; erst danach konnte man die Abweichungen erkennen. Diese haben sich im Fortschritte der Untersuchung in der Tat als immer größer erwiesen; immer mehr hat man die große Bedeutung der Erosion und überhaupt der Abtragung würdigen gelernt, immer mehr hat sich der Unterschied des Gebirges, wie es wirklich ist, von dem Gebirge, wie es ohne oberflächliche Abtragung wäre, oder, anders ausgedrückt, der Unterschied der wirklichen von der tektonischen Oberfläche herausgestellt. Fast nur ganz junge Vulkane haben noch das Antlitz, das sie durch den Vulkanismus bekommen haben, durch Regenrisse nur wenig verändert. In manchen Kettengebirgen sind die einzelnen Faltengewölbe und in manchen Schollengebirgen die einzelnen Horste Kämme, denen Mulden und Gräben als Talungen gegenüberstehen; aber solche Fälle sind kaum die Regel, sondern eher Ausnahmen. Nicht nur die Täler sind von Flüssen eingeschnitten, sondern auch die breiten Rücken zwischen den Tälern sind durch Abtragung entstanden, und oft oder vielmehr meist müssen wir uns das Gebirge in seiner tektonischen Form, d. h. wie es ohne Abtragung sein würde, hoch über alle heutigen Kämme und Gipfel aufragend und der Zerstörung zum Opfer gefallen denken. Ich brauche nur etwa an *Heims* Untersuchung der Tödi-Windgällengruppe oder *Neumayrs* Betrachtungen über die süddeutsche Stufenlandschaft und die Insel Kos zu erinnern. An der Erkenntnis der ungeheuren Bedeutung der Zerstörung und Abtragung ist ja die Morphologie erst zu einer besonderen, der Tektonik gegenüberstehenden wissenschaftlichen Disziplin herangewachsen.

Die primäre Tatsache der Umgestaltung der Gebirge ist die Talbildung durch Erosion des fließenden Wassers. Zwar setzen Verwitterung und Abtragung schon an der ursprünglichen tektonischen Oberfläche ein; aber die Angriffsfläche, die sich ihnen bietet, ist verhältnismäßig klein, ihre Betätigung auf den Hochflächen, die einen großen Teil der tektonischen Oberfläche ausmachen, erschwert. Die Erosion des fließenden Wassers eilt ihnen voran und öffnet ihnen an den Talhängen neue Flächen der Betätigung. Nun allerdings können sie sich mit voller Kraft entfalten und auch selbständig Großformen erzeugen; denn die Verwitterung und Abtragung summieren sich zu Massenbewegungen, deren Bedeutung man früher unterschätzt hat. Aber die Richtung und Anordnung ihrer Wirksamkeit bleibt von der ursprünglichen Anordnung der Täler abhängig. Der Bauplan der Gebirge wird demnach durch Gewässer- und Talnetze

bestimmt; die Betrachtungen über diese (s. Kap. III) geben uns demnach auch den Schlüssel für das Verständnis der Gebirgskörper.

Ursprünglich ist das Talnetz im inneren Bau oder, genauer gesagt, in der Form der tektonischen Oberfläche begründet; im Laufe der Zeit wird es weiter ausgebildet und kann sich weit von dem ursprünglichen entfernen und auch dichter werden; aber wir müssen uns hüten, Talstücke, bloß weil wir sie aus dem inneren Bau noch nicht erklären können, ohne weiteres für nachträglich gebildet zu halten und in der Dichte des Talnetzes allgemein einen Maßstab des Alters zu sehen.

Manchmal beherrschen die Täler den Charakter der Landschaft vollständig, die Talhänge der benachbarten Täler schneiden sich in linearen Kämmen (nach *Gradmann* Firsten), die demnach nichts anderes als die Grenzlinien benachbarter Täler sind; andere, den Tälern gegenüber selbständige Formen gibt es nicht. *Davis* hält diesen Zustand der Landschaft für einen bestimmten Entwicklungszustand, den er als den Zustand der Reife bezeichnet. Das ist aber nur halb richtig: in manchen Landschaften ist er vielmehr von vornherein vorhanden, während er in anderen nie eintritt. Es handelt sich nicht oder doch nur in zweiter Linie um verschiedene Entwicklungsstufen, sondern um eine verschiedene Art der Oberflächengestaltung (vergl. S. 69f.). Vulkanberge und wohl auch die meisten Kettengebirge, in denen größere tektonische Ebenen fehlen, werden von ihrer Entstehung an ziemlich vollständig durchtalt. Dagegen werden Rumpfgebirge und Tafellandschaften mit großen Ebenen auf lange hinaus, vielleicht für immer, mangelhaft durchtalt sein. In ihnen stoßen die Täler mit ihren Hängen nicht unmittelbar zusammen, sondern lassen zwischen sich Gebirgsblöcke mit ebener oder welliger Fläche, aus denen sich, gleichsam als ein oberes Stockwerk der Landschaft, einzelne Berge, Bergrücken, Felswände erheben können. Tafellandschaften, die überwiegend aus undurchlässigen, also der Abspülung ausgesetzten, und dabei mäßig widerständigen Schichten, namentlich Ton, bestehen, verlieren die ursprüngliche Tafelform rasch und werden zu durchgehends gegliederten Tallandschaften, in denen allerdings durch Vorgänge der Denudation bald wieder wellige Flächen entstehen können. In durchlässigem Kalk und Sandstein dagegen und auch in Rumpfgebirgen aus widerständigem Gestein bleiben Tafel- und Plateaustücke lange erhalten, und sie sind der Schauplatz einer besonderen, von den Tälern unabhängigen Bodengestaltung und Abtragung.

Der Höhenunterschied der Kämme und der Talsohlen oder das Ausmaß, die Intensität der Gliederung (in *Davis'* Terminologie: das Relief) hängt zunächst von dem Grade der tektonischen Hebung (dieses Wort im weitesten Sinne genommen und auf alle hebenden Vorgänge, Faltung, Verwerfungen, säkulare Hebung bezogen) ab, da der Hebung entsprechend die Erosionskraft der Gewässer wächst und sie sich schneller einschneiden und dem Gleichgewichtsprofile nähern, während die Abtragung der Kämme in viel langsamerem Tempo erfolgt. In fortgeschrittenem Alter kann die Eintiefung der Täler nur noch langsame Fortschritte machen (s. o. S. 36), während die Abtragung der Kämme in gleichem Tempo fortschreitet und schneller als jene erfolgt, so daß die Höhenunterschiede nun anfangen, ausgeglichen zu werden. Der in dieser Hinsicht bestehende Unterschied von Alpen und Pyrenäen wird gewöhnlich auf das etwas höhere Alter der letzteren zurückgeführt; aber eine wirkliche Untersuchung darüber liegt wohl nicht vor.

In vielen Gebirgen drängte sich geradezu die Erkenntnis auf, daß die Gipfel und überhaupt die Aufragungen an harte oder, allgemeiner gesagt, widerstandsfähige Gesteine, die Einsattelungen und überhaupt Einsenkungen an weiche oder wenig widerstandsfähige Gesteine gebunden sind. Ich brauche nur etwa an Beispiele wie den Pfahl im bayrischen Wald oder die Quarzitrücken des Hunsrücks und des Taunus zu erinnern; auch vulkanische Gesteine heben sich offenbar dank ihrer Härte aus der Umgebung heraus. *Davis* hat Berge aus hartem Gestein, die sich über die weichere Umgebung erheben, als Monadnocks bezeichnet, und *Spethmann* hat dafür den Ausdruck Härtling geschaffen, wonach man die Eintiefungen als Weichlinge bezeichnen müßte. Da in diesem Ausdrucke schon die Ursache liegt, darf er, was leider oft nicht beachtet wird, natürlich nicht bloß auf die Form hin, sondern nur da angewandt werden, wo die größere Härte des Gesteins wirklich nachgewiesen worden ist. Denn für einen großen Teil, ja man muß wohl sagen, für den weitaus größeren Teil der Gipfel und umgekehrt der Eintiefungen, sowohl in eigentlichen Gebirgen wie in Tafelländern, hat sich bei näherer Untersuchung herausgestellt, daß sie aus genau demselben Gestein wie ihre abgetragene Umgebung bestehen, daß ihre Erhaltung also nichts mit der Härte des Gesteins zu tun hat. Das gilt selbst von dem Berge Monadnock, nach dem Davis den Typus benannt hat. Die Gipfel liegen vielmehr meist an den Stellen, die von den Tal-

läufen am weitesten entfernt, also dem Angriffe der zerstörenden Kräfte am weitesten entrückt sind, während die Pässe gerade zwischen den oberen Enden zweier nach den entgegengesetzten Seiten gerichteter Täler liegen. Als diese Erkenntnis, die in der deutschen Morphologie seit Jahrzehnten heimisch ist[1]), auch der *Davis*schen Schule aufdämmerte, hat *Spethmann* für diese Gipfel den Ausdruck „Fernling" geprägt, während *Penck* sie nach einem Berge der dinarischen Alpen Mosore nennt.

Wenn die Gipfel und andererseits die Einsattelungen teils von der Lage zu den Tiefenlinien, teils von der Härte des Gesteins abhängen, so ergibt sich die Frage, wie sich diese beiden Abhängigkeitsverhältnisse zu einander verhalten. Es scheint sich da eine allmähliche Umbildung zu vollziehen. Die erste Anlage der Täler ist durch die tektonische Oberfläche bestimmt und hat kaum etwas mit der Widerständigkeit oder Härte des Gesteins zu tun; die Lage der Gipfel und Einsattelungen hängt lediglich vom Talnetz und nicht von der Widerständigkeit des Gesteines ab. Für die nachträgliche Umbildung des Talnetzes dagegen ist diese zwar nicht allein bestimmend, jedoch vorzugsweise maßgebend, und im Laufe der Zeit wird daher eine gewisse Anpassung der Lage der Gipfel und Einsattelungen an sie eintreten. Das Tempo dieser Umbildung wird hauptsächlich durch den Unterschied in der Widerständigkeit bestimmt; ist er sehr groß, wie z. B. bei Vulkanbergen zwischen den inneren Kernen und den Lavaströmen einerseits, den lockeren Auswürflingen andrerseits, oder in geschichtetem Gestein zwischen hartem, undurchlässigem Kalk oder Sandstein einerseits, weichem und undurchlässigem Ton andrerseits, so kann sich die Anpassung an das Gestein ziemlich schnell vollziehen; ist er gering, so wird sie langsam vor sich gehen. Die Anpassung kann sich daher schon in ganz jungen Berglandschaften, namentlich solchen vulkanischen Ursprunges, geltend machen; sie wird sich aber meist erst in älteren Landschaften einstellen und am häufigsten in Rumpfgebieten sein, in denen die Abtragung zu einem gewissen Abschlusse gekommen ist; die Quarzitrücken des Hunsrücks und des Taunus gehören solchen Rumpfplatten an.

Neben dem Grundriß und Aufriß der Gebirge, die zusammen

1) Vergl. *Eduard Richter*s „Morphologie der Alpen" und meine „Sächsische Schweiz", bes. S. 96.

ihren Bauplan ausmachen, steht ihr Baustil, der mit jenem zusammen die Architektur der Gebirge bestimmt. Ich meine mit diesem zuerst wohl von *Ed. Richter* gebrauchten Ausdrucke die Ausbildung der Einzelformen, den Formenschatz, man kann auch sagen die Physiognomie der Gebirge, soweit sie der festen Erdoberfläche als solcher angehört. Ich brauche an dieser Stelle nur wenig darüber zu sagen, weil die Ausbildung der Formen schon in den Aufsätzen über die Kleinformen und über Alter und Form der Täler behandelt worden ist. Es handelt sich hier nur darum, das Verhältnis der Einzelformen zum Gebirgsbau aufzufassen. Solange wir uns auf die Gebirge unseres Klimatypus beschränken und von den Gebirgen anderer Klimate und auch von den aus der geologischen Vergangenheit, namentlich aus der Eiszeit, ererbten Formen absehen, ist der Gegenstand verhältnismäßig einfach. Die Änderung der Temperatur und auch der Regenmenge mit der Höhe bedingt gewisse Änderungen der wirkenden Kräfte und damit auch der Formen; aber solange wir nicht in die Region des ewigen Schnees aufsteigen, sind diese Änderungen gering; die alpinen Formen, für die *Penck* nicht gerade glücklich den allgemeinen Ausdruck „Hochgebirgsformen" eingeführt hat, haben mit dem Hochgebirge als solchem nichts zu tun, sondern sind Glazialformen und ziehen sich in nördlichen Klimaten bis zum Meeresspiegel herab, während sie in tropischen Hochgebirgen fehlen oder wenigstens erst in viel größerer Höhe auftreten. Hiervon abgesehen ist die Hauptsache die Abhängigkeit vom Gestein und dessen Lagerungsverhältnissen. Kalk-, Sandstein-, Granitformen usw. sind sehr verschieden, und allgemein kann man aussprechen: jedes Gestein hat, bei gegebenen Lagerungsverhältnissen, seinen bestimmten Formenschatz und verleiht dem Gebirge oder, genauer gesagt, dem Teile oder der Höhenzone des Gebirges, in der es auftritt, einen bestimmten Baustil.

Davis hat den Versuch gemacht, den Gesamtcharakter der Landschaft durch die Bezeichnung ihres Alters auszudrücken, und dieser Versuch hat in der Tat etwas Bestechendes; man begreift, daß er viele Nachfolger gefunden hat. Nur mit einem Gefühle des Bedauerns zerstört man das schöne Gedankenbild. Aber abgesehen davon, daß die Kleinformen dabei ganz außer Betracht bleiben, auf deren Ausbildung doch der Baustil der Landschaft großenteils beruht, ist auch der Versuch mißlungen, die Großformen einheitlich zu umfassen. Der Zustand der Reife, abgeleitet einerseits aus dem Talnetze und

seiner Beziehung zum Gebirgsbau, andererseits aus dem Zustande der Talsohle, sind zwei verschiedene Dinge, die keineswegs zusammenfallen, und die Beschaffenheit der Talhänge, die das am meisten in die Augen fallende Merkmal ist, hat überhaupt wenig mit dem Alter zu tun (s. S. 67 f.). Wieviel von der ursprünglichen oder tektonischen Oberfläche der Landschaft noch erhalten ist, hängt weniger vom Alter als vom Gebirgsbau, von der Lagerung und Beschaffenheit der Gesteine ab. Landschaften mit weichem und durchlässigem Gestein sind schon in der Jugend Hügelland mit rundlichen Formen, Landschaften aus undurchlässigem Gestein dagegen bewahren bis ins Alter, bis zur völligen Abtragung, steile Wände und eckige Formen. Auch das Klima kommt in Betracht: in feuchten Klimaten wird immer Neigung zur Abflachung und Abrundung, in trockenen zu schroffer Ausprägung der Gegensätze bestehen. Das Alter ist von den drei Faktoren, die die Gestaltung der festen Erdoberfläche bestimmen, der geringste, tritt an Bedeutung hinter innerem Bau und Klima zurück.

2. Die Ausgestaltung der tektonischen Gebilde.

Wenn wir uns jetzt der Betrachtung der wichtigsten Gebirgstypen zuwenden, so beginnen wir mit den Vulkanbergen, weil sie die jugendlichsten Gebilde und darum der geringsten Zerstörung unterworfen gewesen sind, weil der große Unterschied in der Lagerung und Härte der sie aufbauenden Materialien die Untersuchung erleichtert, und weil über ihre Zerstörung gute Untersuchungen vorliegen.

Viele Vulkane zeigen, worauf ich schon hingedeutet habe, von Regenrissen abgesehen, die ursprünglichen, durch Aufschüttung von Schlacke und Asche und durch Lavaergüsse entstandenen Formen; aber bei allen nur etwas älteren Vulkanbergen ist die Zerstörung schon viel weiter fortgeschritten, als man früher meist geglaubt hat. Allerdings hatte schon *Desmarest* in seinen Studien über die Vulkane der Auvergne die verschiedenen Formen der Vulkane als verschiedene Stadien der Umbildung aufgefaßt; aber der Gedanke war wenig beachtet worden und fand erst Eingang in die Wissenschaft, nachdem *Gilbert* für die Lakkolithe, *Sueß* und *Reyer* für die Vulkane der Euganeen das verschiedene Maß der Abtragung zeigten und danach Denudationsreihen aufstellten. In den 70er Jahren hatte *Seebach* die Theorie der homogenen Vulkane vorgetragen und die zahlreichen, aus dem mittleren Tertiär stammenden Basalt-, Phono-

lith-, Trachyt- und Andesitberge unseres deutschen Mittelgebirgslandes als solche homogene, d. h. nur aus erstarrter Lava bestehende Vulkane aufgefaßt; aber die nähere Untersuchung hat mit voller Deutlichkeit gezeigt, daß sie die Kerne alter Vulkane sind, deren lockere Auswürflinge der Abtragung zum Opfer gefallen, oder daß sie gar nur die aus dem Schichtgestein, in dem sie lagern, herauspräparierten Vulkanstiele sind, wie *Lasaulx* für das Siebengebirge, ich für die Basalte der sächsischen Schweiz, *Branco* für die schwäbische Alb nachgewiesen haben. Wieder bei anderen hat zuerst *Gilbert* in den Henry Mountains die eigentümliche lakkolithische Natur erkannt; sie waren durch mächtige Schichtmassen überdeckt und sind erst durch deren allmähliche Abtragung mehr oder weniger zum Vorschein gekommen.

Man hat die halb zerstörten Vulkane treffend als Vulkanskelette bezeichnet. Beispielsweise ist der Kaiserstuhl ein solches. Die Basalt- und Phonolithkegel der Rhön sind teils zeugenbergartige Reste von deckenartigen Ergüssen, teils herausgearbeitete Vulkanstiele. Ob an der Stelle des Vogelberges einst wirklich ein Vulkan wie der Ätna stand, mag dahingestellt bleiben. Vielerlei Übergänge bestehen zwischen den eigentlichen vulkanischen Skeletten und den ursprünglich in anderem Gestein steckenden Vulkanstielen, die sich heute meist als einfache Kegelberge darstellen.

An die vulkanischen Gebirge schließen sich die Ketten- oder Faltengebirge insofern an, als auch bei ihnen schon die tektonische Oberfläche große Unebenheiten zeigt, durch die der Lauf der Gewässer und die Anordnung der ursprünglichen Täler bestimmt werden. Allerdings ist einfacher Faltenwurf mit regelmäßigem Wechsel von Gewölben und Mulden selten; meist sind die Falten dicht gedrängt und auf einander geschoben, und vielfach liegen nach der heutigen Auffassung ganze Schichtpakete deckenförmig über einander, so daß wir uns die tektonische Oberfläche wohl als ein großes wenig gewelltes Gewölbe vorstellen müssen.

Für das Talnetz der Kettengebirge ist der Gegensatz zwischen Längs- und Quertälern charakteristisch. Jene, die meist die größeren sind, lassen sich oft weithin verfolgen und über mäßig hohe Bergjoche, die Knoten der Anden, zu Talzügen zusammenfügen. Diese stellen oft, die einzelnen Gebirgsketten durchbrechend, die Verbindung zwischen den verschiedenen Längstalstücken eines Flusses her, während sie in anderen Fällen das ganze Gebirge vom wasserschei-

denden Kamme bis zum Gebirgsfuße durchqueren. Über ihre Entstehung gehen die Meinungen noch aus einander (s. o. 43 f. u. 108); aber an zweierlei dürfen wir wohl festhalten: sie sind meistens nicht so unmittelbar im Gebirgsbau begründet, wie man anfangs gemeint hat; aber ebensowenig sind sie ganz unabhängig vom Gebirgsbau auf einer Rumpffläche angelegt worden. Hier handelt es sich darum, ihre Bedeutung für die Gliederung des Gebirges ins Auge zu fassen; denn diese Gliederung ist nicht etwa unmittelbar tektonisch bestimmt, die einzelnen Gebirgsgruppen sind keine mehr oder weniger selbständigen, durch tektonische Senken von einander getrennten Erhebungen, sondern haben ursprünglich zusammengehangen und sind erst durch das Einschneiden der Täler entstanden. Ihr Umriß und ihre innere Gliederung hängt von der Lage und dem Verlaufe der Täler ab; *Penck* hat passend zwischen Ketten mit fiederförmigem Bau, wofür er die Tauern als Beispiel anführt, die zwischen zwei langgestreckten, nicht allzu weit von einander entfernten Längstälern liegen, und Stöcken mit radialer Gliederung, wie etwa den Ötztaler Alpen, bei gleich weiter Entfernung der Längstäler und der begrenzenden Quertäler von einander, unterschieden. Die Richtung und Verzweigung der einzelnen Kämme wie auch ihre Höhenverhältnisse und die Lage der Gipfel und der Einsattelungen werden zunächst durch die Anordnung des Talnetzes bestimmt. Erst bei fortschreitender Abtragung erfolgt vielfach sowohl in der Gliederung der Talhänge wie in der Anordnung der Täler eine Anpassung an das Gestein; sie verlegen sich in die weicheren Gesteine, auch wenn diese Gewölbeform haben, also zunächst Kämme bilden, während die härteren Gesteine, auch wenn sie durch muldenförmige Lagerung zu Tälern bestimmt zu sein scheinen, zu Kämmen herausgearbeitet werden. Diese Umkehr oder Inversion kann in den Anfängen schon in Gebirgen wie dem Schweizer Jura oder der Kordillere von Bogotá beobachtet werden, tritt aber besonders in komplizierter gebauten Gebirgen auf. Wir haben (S. 107) gesehen, daß es nicht nötig ist, dafür eine vorangehende Einebnung des Gebirges zu Hilfe zu rufen, sondern daß die Erscheinung immer eintreten kann, sobald nur die Mulden in einiger Höhe über der Erosionsbasis liegen. Die Einebnung junger Faltengebirge ist eine Phantasie, für die kein tatsächlicher Beleg beigebracht worden ist; wo wir junge Faltung finden, finden wir auch Kettengebirge, außer wenn sie durch spätere Einbrüche wieder zerstört worden sind.

An die Kettengebirge schließen sich die Schollengebirge an. Sie sind zwar nicht gefaltet und überschoben, sondern nur von Verwerfungen mit den sie begleitenden Schichtenstörungen betroffen; aber diese sind so dicht gedrängt, daß die tektonische Oberfläche im ganzen uneben ist und daß von dieser Unebenheit der ursprüngliche Abfluß der Gewässer und die Anordnung der Täler abhängen. Der Unterschied gegen die Faltengebirge besteht darin, daß die tektonische Oberfläche der einzelnen Stücke flach ist. Hier haben sich vielfach die Horste, Gräben und Bruchstufen erhalten und sind für die orographische Gliederung des Gebirges maßgebend. In anderen Fällen scheinen tektonische Linien, deren Natur wir noch nicht recht kennen, wenigstens die Richtung der Täler zu bestimmen. Die Morphologie kommt hier nicht ohne genaue tektonische Auffassung aus.

In eigentlichen Tafelgebirgen, wozu auch ausgedehnte Basalt- und Porphyrdecken zu rechnen sind, wenn also Verwerfungen zwar nicht fehlen, aber weit aus einander liegen und schwach sind, hängt die ursprüngliche Anordnung des Talnetzes nur von der Neigung der tektonischen Oberfläche und von etwaigen Spalten ab. Wegen der Unbestimmtheit der Anordnung und der geringen Erosion in den inneren Teilen des Gebirgskörpers, wo sie ja immer mittelbar ist, also erst einsetzen kann, wenn sie von den Rändern her so weit vorgeschritten ist, und auch wegen der starken Flächenabtragung scheint nachträgliche Verlegung und Verschiebung der Täler eine ziemlich große Rolle zu spielen. Ist die Tafel gleichmäßig geneigt, so fließen die Flüsse einander mehr oder weniger parallel, und zwischen den Tälern werden ungefähr rechteckige Gebirgskörper herausgeschnitten; ist die Neigung unregelmäßig, so teilt sich das auch der Anordnung der Täler und dem Umrisse der Gebirgskörper mit.

Interessanter als der Grundriß ist der Aufriß der Tafelgebirge. Während in Falten- und Schollengebirgen die verschiedenen Gesteine im ganzen mehr neben einander liegen, liegen sie in Tafelgebirgen, dank ihrer wagrechten Lagerung, über einander. Nur ausnahmsweise werden größere Schichtenmassen ganz gleichartig sein und der Verwitterung und Abtragung überall gleichen Widerstand entgegensetzen, daher der Zerstörung in gleichem Maße unterliegen. Schon kleine Unterschiede in der Größe des Korns oder der Zusammensetzung des Bindemittels und noch mehr das Auftreten andersartiger Zwischenschichten, z. B. von Tonlagen im Sandstein oder

Kalk, auch wenn sie noch so dünn sind, können sich in der Oberflächengestaltung sehr bemerkbar machen.

Das gibt sich in einem Wechsel des Formenschatzes zu erkennen. In der sächsischen Schweiz und noch auffälliger im Pfälzerwalde sind die eigentümlichen Felsgebilde an bestimmte Horizonte des Sandsteins gebunden, während sie anderen fehlen. Der für den Keuper charakteristische mehrfache Wechsel von Sandstein und Ton spricht sich in der auffälligen Terrassierung der Keuperlandschaften aus. Wie ändert sich das Landschaftsbild, wenn wir vom Keuper zum Muschelkalk oder von diesem zum Buntsandstein herabsteigen! Mit ganz besonderen Formen hebt sich der weiße Jura der schwäbischen Alb von den darunter liegenden unteren Abteilungen der Juraformation ab! So ließen sich die Beispiele häufen.

Aber es ist nicht nötig, hier auf die Einzelformen und die in ihnen begründete Physiognomie der Gebirge zurückzukommen, die ja im ersten Kapitel behandelt worden ist; hier handelt es sich darum, welchen Einfluß der Gesteinswechsel auf den Aufriß der Landschaft in seiner Gesamtheit ausübt. Ebenso wie der Formenschatz und im Zusammenhange damit wechselt mit dem Gestein auch die Art und das Maß der Zerstörung. Neben der oft überschätzten mechanischen Härte ist dafür namentlich die Durchlässigkeit maßgebend. In undurchlässigem Gestein werden Regenrisse eingegraben, es wird abgespült, die Hänge werden flach abgeschrägt; auf den Hochflächen bilden sich Dellen, die Abtragung erfolgt von oben. In durchlässigem Gestein dagegen sickert das Wasser ein, um erst über einer undurchlässigen Schicht wieder hervorzutreten; es wirkt also nicht von der Oberfläche her abspülend und abschrägend, sondern untergrabend, unterminierend; es bildet Überhänge, und die darüber liegende Gesteinsdecke bricht nach, so daß ziemlich steile Wände gebildet werden. Je nach der Mächtigkeit der Schichten wird die Landschaft in kleinerem oder größerem Maßstabe terrassiert; es entstehen Landterrassen und Landstufen, die man auf den ersten Blick schwer von Bruchstufen unterscheiden kann, sofern nicht Vorsprünge und davor liegende inselartige Berge (Zeugenberge) die Entstehung durch Abtragung gleich erkennen lassen. Die Landschaft gliedert sich in Stockwerke von verschiedener Ausdehnung.

Man braucht für diese Stufen- oder Terrassenlandschaften kein Wüstenklima zu Hilfe zu rufen, in dessen besonderen Kräften die Erklärung zu suchen wäre; wir sehen sie überall in unseren feuch-

ten Klimaten entstehen und sich weiter fortbilden. Es liegt auch kein Grund vor, an eine vorangehende Kappung der sanft geneigten Schichten durch eine Abtragungsebene zu denken; der Mechanismus der Bildung läßt sich aus der sanften Neigung der Schichten und der tektonischen Oberfläche direkt ableiten, wie im vorigen Aufsatze erörtert worden ist.

Die Rumpfgebirge und Plateaus stimmen mit den Tafelländern insofern überein, als ihre tektonische Oberfläche gleichfalls flach, wenn auch nicht eben, sondern mehr oder weniger stark gewellt ist. In vielen Fällen lagern Schichttafeln auf Rumpfplatten auf, und wo solche auflagernde Schichttafeln fehlen, sind sie doch wohl früher oft vorhanden gewesen und nur schon abgetragen worden, so daß die Rumpfflächen ihre Gewässer- und Talnetze und damit ihre Gliederung oder ihren Bauplan von ihnen übernommen haben (epigenetische Talbildung). Vom Talnetz und Bauplan der Rumpfgebirge gilt daher Ähnliches wie von dem der Tafelgebirge. Wenn sich die Täler der Gestalt der Rumpffläche anschmiegen, so kann das darauf beruhen, daß sie deren ursprünglichen Einsenkungen folgen, oder daß ihr Lauf zugleich mit der heutigen Gestalt der Rumpffläche selbst durch Einbiegungen bestimmt wird; z. B. gehen für die Weschnitzsenke im vorderen Odenwald die Meinungen aus einander, welcher der beiden Fälle vorliege. Auch nach ihrem Aufriß kann man die Rumpfflächen zunächst fast wie Schichtflächen betrachten. Ganz wie widerständige Schichtpakete werden sie durch die Abtragung der darüber liegenden weniger widerständigen Schichtpakete aufgedeckt, nur mit dem Unterschiede, daß die Widerständigkeit bei ihnen nicht, wie meist bei widerständigen Schichten, in Durchlässigkeit, sondern in mechanischer Härte begründet und meist noch größer ist. Im vorigen Aufsatze ist gezeigt worden, daß die meisten oder doch viele der Rumpfflächen, die uns heute in der Natur entgegentreten, wahrscheinlich nicht, wie man jetzt oft meint, in geologisch junger Zeit neu gebildete Einebnungen, sondern alte, erhalten gebliebene oder wieder aufgedeckte und nur mehr oder weniger umgebildete Rumpfflächen sind. Wie weit die aufragenden Rücken und Kuppen, die meist harten Gesteinen, Quarzit usw., entsprechen, aus der Zeit der alten Einebnung stammen oder jünger sind, läßt sich oft schwer entscheiden; im allgemeinen dürfte ersteres der Fall sein. Der Gegensatz zwischen Rumpfgebirgen und Schichttafeln kommt erst beim Einschneiden der

Täler in die Rumpfmassen zu stärkerer Geltung und äußert sich mehr im Baustil als im Bauplan. Da die Schichten nicht wagrecht liegen, sondern, ihrer Herkunft aus Faltengebirgen entsprechend, steil geneigt sind, kann es hier zu keiner Terrassenbildung kommen, sondern macht sich der Härteunterschied des Gesteins nur in vorspringenden Riffen der Talhänge geltend. Und da die Gesteine dank der vorangegangenen Faltung und der damit verbundenen mechanischen und chemischen Einwirkungen meist hart sind, pflegen die Täler eng und ziemlich steilwandig, aber nicht cañonartig zu sein.

Hängen die Unterschiede des Bauplanes in den meisten Fällen von den Lagerungsverhältnissen ab, die eine Folge der gebirgsbildenden Kräfte sind, so zeigen doch alle Kalk- oder Karst- und in geringerem Maße auch die Sandsteingebiete besondere Ausbildung, gleichgültig ob sie Faltengebirgen oder Rumpfgebirgen oder Tafelländern angehören. Diese Besonderheit beruht auf der großen Durchlässigkeit, bei dem Kalk verbunden mit Löslichkeit des Gesteins, und ähnelt daher der Ausbildung der Gebirge in trockenen Ländern. Nur an vereinzelten Stellen können sich Flüsse bilden, die dann leicht wieder versinken und unterirdisch weiterfließen. Das Talnetz ist daher sehr weitmaschig, und die Täler werden oft durch Poljen ersetzt, die sich in unterirdischen Tälern fortsetzen. In mancher Beziehung können die Poljen mit den blind endigenden Tälern der Zentralgebiete verglichen werden (s. o. Kap. VI). Im Krainer Karst, im dinarischen Gebirge und im Pindus sind diese Erscheinungen vielfach untersucht worden; aber sie scheinen auch im Schweizer Jura viel größeren Einfluß auf die Gesamtform des Gebirges zu haben, als man ihnen meist zugesteht. In der schwäbischen Alb hat *Gradmann* sie in ihrer Bedeutung gewürdigt.

Natürlich wird die hier gegebene Unterscheidung nur den größten Typen gerecht; aber für unsere nur auf die grundsätzliche Auffassung gerichtete Betrachtung können wir uns damit begnügen.

3. Die Gestaltung in verschiedenen Klimaten.

Mit Absicht habe ich mich bis hierher auf die Ausbildung der Gebirge in unserem Klima beschränkt; aber wie wir bei den Kleinformen und den Tälern auch auf die Ausbildung in anderen Klimaten Rücksicht genommen haben, müssen wir nun auch einen Blick auf den Bauplan und Baustil der Gebirge in anderen Klimaten werfen.

Schon in den deutschen Mittelgebirgen treten uns an einzelnen Stellen Erscheinungen des Baustiles und bis zu einem gewissen Grade auch des Bauplanes entgegen, die der von den Flüssen beherrschten oder, wie man kurz sagen kann, fluviatilen Ausbildung fremd sind. Um zu dem mir nächsten Beispiele zu greifen, ist der Odenwald ein rein fluviatiles Gebilde; denn die Gletscherspuren, die die hessischen Geologen hier haben finden wollen, haben sich als irrig erwiesen, und höchstens kann von periglazialen Frostwirkungen die Rede sein. Der Schwarzwald ist nach demselben tektonischen Schema wie der Odenwald gebaut und unterscheidet sich von ihm nur durch größere Meereshöhe; aber diese bewirkt nicht nur größere Tiefe der Täler, sondern ist auch daran schuld, daß in der Eiszeit die Höhen mit ewigem Schnee bedeckt waren und daß sich von ihm kleine Gletscher herabsenkten. Fast im ganzen Schwarzwald sind Kare eine typische Erscheinung der Gebirgshöhen, und im südlichen Schwarzwald weisen Moränen, geschrammte Felsen und auch die ganze Talform mit Sicherheit auf alte Talgletscher hin, die allerdings nicht sehr tief hinabgereicht haben. Die Gebirge der britischen Inseln sind ihrem Bau nach Rumpfgebirge, ganz ähnlich den deutschen; aber ihre Physiognomie ist ganz anders, großenteils viel wilder, weil Kare und Glazialtäler eine viel größere Rolle spielen, weil die fluviatile Bodengestaltung in viel höherem Grade durch die glaziale ersetzt und verdrängt ist. Sie ähneln in dieser Beziehung den Alpen, von denen sie sich aber durch die ganz andere Art des inneren Baues und damit auch des äußeren Bauplanes unterscheiden. In den Alpen wird die Form der Kämme ganz durch die Kare bestimmt und erstrecken sich glazial ausgebildete Trogtäler bis an den Fuß des Gebirges herab. Nehmen wir statt der Alpen aber ein tropisches Gebirge von gleicher Höhe — ich denke etwa an die Kordillere von Bogotá —, so verschwinden die glazialen Formen wieder oder ziehen sich doch in die oberste Höhenzone zurück.

Es hat allerdings lange gedauert, bis man die glaziale Natur der charakteristischen Erscheinungen und demgemäß die Bedeutung ehemaliger Vergletscherung für die Physiognomie der Gebirge erkannt hat. Lange hat man die Moränen sowie die Rundhöcker und geschrammten Felsen für die einzigen Nachwirkungen der Eiszeit gehalten. Erst 1882 hat *Partsch* die Kare als eine glaziale Erscheinung gedeutet, erst später hat *Eduard Richter* eine Analyse ihrer Bildung gegeben, die wohl in der Hauptsache richtig ist. Zwar

hatten *Tyndall* und *Ramsay* schon früher die Entstehung vieler Täler durch Gletschererosion behauptet; aber diese Behauptung schwebte so in der Luft, daß sie keinen Anklang finden konnte. Zum Rang einer wissenschaftlichen Hypothese ist die Glazialerosion erst durch *Pencks* Untersuchung der deutschen Alpen (1882) und später der Alpen überhaupt erhoben worden, aber noch ist keineswegs Einigung der Ansichten erzielt. Das wird man wohl als sicher annehmen dürfen, daß die Täler nicht von den Gletschern, sondern vom fließenden Wasser angelegt und von den Gletschern nur mehr oder weniger umgebildet und vielleicht weiter eingetieft worden sind, und daß Gebirge, die einmal stark vergletschert gewesen sind, dadurch einen ganz anderen Baustil sowohl der Kämme wie der Täler und in beschränktem Maße auch einen anderen Bauplan bekommen haben, als sie vor der Vergletscherung hatten.

Ein anderer klimatischer Typus der Berglandschaften sind die Tafelländer und Gebirge der Wüste. Schon eine frühere Betrachtung hat uns gelehrt, daß die Kleinformen in ihnen anders ausgebildet sind als in feuchten Klimaten; mit dem Fehlen der chemischen Zersetzung des Gesteins, abgesehen von den Salzausblühungen und dem Fehlen des spülenden Wassers entfällt die Abrundung des Gesteins, alle Formen sind eckig und felsig; Felspfeiler der verschiedensten Form bis zu den eigentümlichen Pilzfelsen stehen neben gitterförmigen Zerfressungen des Gesteins und eigentümlichen Grottenbildungen. Man kann sich eine gewisse Vorstellung von den Wüstenformen machen, wenn man sich etwa aus der sächsischen Schweiz oder dem Pfälzerwalde den Pflanzenwuchs entfernt denkt. Diese erinnern an Tafelländer der Wüste, z. B. die Gegend hinter Heluan, von der *Schweinfurth* eine so schöne Karte gezeichnet hat, auch durch die großen Zirkustäler, die mehr oder weniger halbkreisförmig in die Felswände eingreifen. Die dortige Wüste ist kaum weniger durchtalt als die sächsische Schweiz; dagegen ist an anderen Stellen, schon in den Randbergen Ober-Ägyptens, die geringe Durchschneidung bemerkenswert. Über die Wüstentäler stehen sich, wie schon in dem Aufsatz über die Formen der Täler zur Sprache kam, drei Meinungen gegenüber. Die Ansicht, daß es überhaupt keine eigentlichen Täler, sondern vom Winde ausgeblasene längliche Hohlformen seien, kann bei der ausgesprochenen Talform als abgetan gelten. Auch die Eintagsflüsse der Gegenwart, die sich rasch wieder verlaufen, reichen kaum aus, um so lange, stark gewundene und auch

verzweigte Täler zu bilden. So bleibt doch wohl nur die Annahme übrig, daß sie aus einer Periode reichlicherer Regen und stärkeren Wasserabflusses stammen, in der es wirkliche Flüsse gab; sie gehören demnach zu dem in einem späteren Kapitel zu behandelnden Thema von der klimatischen Entwickelung der Landschaften.

Da in diesem Buche keine systematische Vollständigkeit der Behandlung erstrebt wird, mag es bei diesen beiden Beispielen von klimatischen Typen, den Glazialgebirgen und den Wüstengebirgen, sein Bewenden haben. Bei vollständiger Behandlung müßten wir zum mindesten noch die Gebirge des mediterranen Etesienklimas, der Steppenländer mit Lößbildung, der immerfeuchten und der periodisch-feuchten Tropenländer mit ihren eigentümlichen Inselberglandschaften besprechen.

VIII. TIEFLÄNDER UND HOCHLÄNDER.

Auf Grund der wichtigsten Gegensätze der Bodengestaltung kann man drei Hauptformen der Landoberfläche aufstellen, die allerdings zunächst nur morphographisch, nicht genetisch und auch nicht scharf unterschieden, sondern durch viele Übergänge verbunden sind. Die Landschaften der ersten Form sind stark uneben, so daß hoch und tief bunt mit einander wechseln; das sind die Gebirge und Berglandschaften. Die Landschaften der zweiten Form sind mehr oder weniger eben und dabei im ganzen tief; das sind die Tiefländer. Die Landschaften der dritten Form sind mehr oder weniger eben, im ganzen aber hoch; das sind die Hochländer.

Im vorigen Aufsatze haben wir uns in der Hauptsache mit den Gebirgen und Berglandschaften beschäftigt; in diesem wollen wir eine Übersicht über die Tiefländer und Hochländer zu gewinnen suchen. Denn beide sind von mannigfacher Art. Schon der äußeren Form nach müssen wir zwischen vollständigen Ebenen und mehr oder weniger welligem oder hügeligem Lande unterscheiden. Ihrer inneren Zusammensetzung nach bestehen sie teils aus anstehendem festen Gestein, teils aus lockeren Aufschüttungsbildungen der verschiedensten Art. Wir können von vornherein vermuten, daß diesen Unterschieden der Form und der Beschaffenheit verschiedene Bildung zu Grunde liegt. Die Aufgabe dieser Betrachtung wird es sein, diese Verschiedenheit der Bildung an ihren Merkmalen zu erkennen und zugleich die Aufmerksamkeit auf die Probleme zu lenken, die noch zu lösen sind.

1. Tiefländer.

Tiefländer sind tief liegende Landschaften ohne größere Höhenunterschiede. Eine bestimmte Grenze läßt sich allerdings weder nach der Meereshöhe noch nach den Höhenunterschieden ziehen. Zwar hat die alte rein beschreibende Geländelehre, die die Wissenschaftlichkeit in scharfen Zahlenangaben suchte, bestimmte Grenzwerte (etwa 200 m) aufgestellt; aber dadurch wird Zusammengehöriges auseinandergerissen. Bei manchen Hügelländern kann man zweifelhaft sein, ob man sie noch als Tiefländer ansehen oder zu den Gebirgen und Bergländern stellen soll. Manche geschlossenen Tafeln und Ebenen erheben sich aus dem Tieflande allmählich zum Hochland. Bezeichnend für die Tiefländer ist im allgemeinen die Abwesenheit wirklicher Täler. Der Bodengestalt nach kann man zwischen eigentlichen Tiefebenen und welligen oder hügeligen Tiefländern, der Beschaffenheit nach zwischen Tiefländern lockerer Aufschüttung und festen Gesteins unterscheiden. Aber die Mannigfaltigkeit ist größer.

Die erste Art von Tiefländern und zwar von Tiefebenen sind alte Meeresböden. Wenn sie erst kürzlich aus dem Meere aufgetaucht oder ihm abgerungen sind, sind sie vollkommene Tiefebenen; sind sie etwas stärker gehoben, so können sie durchtalt und in Hügelland umgebildet sein; sie gehen allmählich in Bergländer über. Früher hat man fast alle Tiefebenen für alte Meeresböden gehalten; auch das stark hügelige norddeutsche Tiefland galt für die Bildung eines Diluvialmeeres. Heute hat man die Verschiedenheit des Ursprunges erkannt. Auch vollständige Tiefebenen, die ans Meer anstoßen, gleichsam Fortsetzungen des Meeres sind, sind nur zum Teil alte Meeresböden, zum anderen, wohl größeren Teil festländische Flußablagerungen, die allerdings oft auf marinen Ablagerungen aufruhen. Die Tiefebenen mariner Entstehung können Flußanschwemmungen, also Deltalandschaften, sein oder ihre Entstehung den Anschwemmungen des Küstenstromes verdanken, der dünenbesetzte Nehrungen bildet und Strandseen abschließt. Je nachdem wird die Bodenbeschaffenheit verschieden sein.

Viel größer sind im allgemeinen die Flußebenen oder Stromtiefländer, die allerdings, wie erwähnt, oft nur eine Decke über alten Meeresböden bilden. Sie können unmittelbar am Meere an-

setzen und sich von ihm aus weit ins Land hineinziehen; aber sie können auch weit im Binnenlande, durch Gebirge vom Meere getrennt, auftreten und mit diesem nichts zu tun haben. Die allgemeine Bedingung ihrer Bildung ist die Lage der ursprünglichen Oberfläche unter dem Gleichgewichtsprofil der Flüsse, so daß der Fluß aufschüttet, bis er dieses erreicht. Bei dem Vorgange der Anschwemmung ins Meer muß der Fluß landeinwärts aufschütten, um überhaupt weiter fließen zu können; aber diese Aufschüttungen werden nur wenig mächtig sein. Wenn dagegen, etwa in einem Graben, eine Scholle sich senkt, so können die Flußablagerungen eine Mächtigkeit von vielen hundert Metern erreichen, wie es z. B. in der oberrheinischen Tiefebene der Fall ist. Natürlich ist das von großer Bedeutung für die Grundwasserverhältnisse. Meist nehmen Hauptflüsse und Nebenflüsse gemeinsam an der Aufschüttung Teil, und die Ebene ist daher streng genommen nicht einheitlich, sondern entsteht aus dem Zusammenwachsen einer Anzahl von ganz flachen Schuttkegeln, die sich im Gesteinsmaterial und oft auch noch in der Neigung des Bodens und der Anordnung der Gewässer unterscheiden. Je nach der Herkunft der Flüsse bestehen die Ablagerungen aus Gerölle, Sand oder Lehm. Häufig dauern die tektonischen Bewegungen noch an, und die Flußebene kann dadurch etwas verbogen werden, so daß der Fluß an manchen Stellen einschneidet, an anderen stark aufschütten muß, um nicht zu stagnieren. Solche Wechsel sind in der oberrheinischen Tiefebene deutlich bemerkbar. Am Westrande der Llanos des Orinoco, die ja eine der ausgedehntesten und schönsten Flußebenen sind, erstrecken sich zwischen der mäßig abgedachten Ebene Rücken aus demselben Anschwemmungsmaterial, aber mit flacherer Oberfläche spornartig in die Ebene hinein, um etwa 10—20 km vom Gebirge mit einer Stufe zu enden. Vermutlich sind es Überbleibsel eines alten Niveaus der Ebene; aber die Erscheinung bedarf näherer Untersuchung. Unregelmäßigkeiten des Geländes werden auch oft durch Dünen bewirkt. Zwar nicht streng morphologisch, ist doch sehr beachtenswert der in allen großen Tiefebenen vorhandene Gegensatz zwischen einer oberen, aus Schottern bestehenden, trockenen und einer unteren, lehmigen, wasserreichen Zone.

Von peripherischen Flußebenen — das Wort im Richthofenschen Sinne peripherischer Entwässerung gebraucht —, die sich nicht unmittelbar ans Meer anzuschließen brauchen, aber durch Flüsse mit

ihm in Verbindung stehen müssen und sich mehr oder weniger in das Gleichgewichtsprofil dieser Flüsse einfügen, deren Höhenlage und Neigung daher durch den Abstand vom Meere bestimmt wird, muß man zentrale Tiefebenen ohne Abfluß zum Meere, wie die des Jordangrabens oder die aralokaspische Tiefebene, unterscheiden. Sofern sie nicht alte Meeresböden sind, sind sie gleichsam nur zufällig Tiefebenen und gehören genetisch mit den zentralen Hochebenen eng zusammen; das Wesentliche ist die Lage in einem Trockengebiete, in dem die Flüsse versiegen. Dabei müssen sie das mitgebrachte Material fallen lassen, und auch das Salz wird bei der Verdunstung des Wassers im Boden bleiben. Flugsand und Dünen werden in ihnen eine besonders große Rolle spielen.

Ob man auch Tiefebenen äolischer Aufschüttung als besonderen Typus aufstellen kann, mag dahingestellt bleiben. Man kann dabei an die Pampas, an die Prärien Nordamerikas, an Süd-Rußland und Südwest-Sibirien denken; aber der Löß oder Pampalehm bildet wohl nur eine Decke über einer bereits vorhandenen Tiefebene, deren Natur so oder so sein kann.

Flußebenen treten in größerer oder geringerer Ausdehnung auch in Tiefländern glazialer Aufschüttung auf, in denen sich an die Moränen oder eigentlichen Gletscherablagerungen immer die Ablagerungen der Schmelzwässer (Sandr) oder auch spätere Anschwemmungen anschließen. Aber das eigentlich Charakteristische dieser Gebiete sind eben die Moränen. Lange hatte man im norddeutschen Tieflande deren Natur verkannt, bis der schwedische Geologe *Torell* 1876 aussprach, daß es nicht die Absätze eines Diluvialmeeres, sondern eines Inlandeises seien. Heutzutage kommt es uns fast unglaublich vor, daß man diese ungeschichteten Gebilde mit ihrer unregelmäßigen Oberfläche für Meeresablagerungen hat halten können. Es zeigt, wie rückständig die geologische Auffassung gerade rezenter Gebilde noch war. Heute steht diese Hauptsache fest; aber im einzelnen ist noch manches zweifelhaft.

Die Untersuchung muß hauptsächlich auf drei Dinge gerichtet sein. Erstens fragt es sich, wie weit sich der ursprüngliche Formcharakter erhalten hat. Nicht nur in Nord-Deutschland, sondern auch in anderen Gebieten ehemaliger Vergletscherung scheint man eine innere Zone mit gut erhaltenen Glazialformen und eine äußere Zone unterscheiden zu können, in der wegen des höheren Alters der Glazialablagerungen und der längeren Dauer ihrer Zerstörung

die Formen verwaschen sind. Zweitens müssen die verschiedenen Arten von Ablagerungen: Geschiebelehm, Endmoränen, Åsar, Drumlins usw. deutlich unterschieden und auf ihre Entstehung zurückgeführt werden; trotz der emsigen, nun durch mehr als 40 Jahre fortgesetzten Arbeit zahlreicher Geologen ist hier noch viel zu tun. Drittens muß untersucht werden, wie der Untergrund der glazialen Aufschüttungen gestaltet ist, und ob auch nach der letzten Eiszeit oder, wie es wahrscheinlich ist, zwischen der vorletzten und der letzten Eiszeit noch größere tektonische Störungen stattgefunden haben, ob also die Unterschiede von hoch und tief, soweit sie nicht auf Talbildung beruhen, auf die Gestalt des Untergrundes oder auf die Art der Ablagerung oder auf die nachträglichen Störungen zurückgehen. Diese Fragen scheinen sich nur durch Vermehrung der Tiefenbohrungen lösen zu lassen.

Den verschiedenen Formen der Aufschüttungstiefländer mit lokkerem Boden stehen Tiefländer aus anstehendem Gestein gegenüber, deren Entstehung nicht auf Aufschüttung, sondern auf Abtragung beruhen muß. Ihrer Lage und Form nach stellen sie häufig schmale Bänder an der Küste entlang, erweiterte Strandplatten, vor, die sich durch einen deutlichen Geländeabsatz vom Hinterlande abheben (s. S. 99). Aber Tiefländer aus anstehendem Gestein können sich auch als Rumpfplatten über ganze Länder erstrecken. Das schwedische Tiefland, Finnland, das europäische Rußland sind Beispiele dafür; in Brasilien und Guayana und zum Teil auch im Dekan dachen sich die Tafelländer gegen den Rand hin teilweise zu Tiefländern ab. Der Zusammensetzung nach kann man Platten aus archäischem Gestein, wie Schweden und Finnland, und Tafeln aus Schichtgestein, wie der größere Teil Rußlands, unterscheiden, wo wir alle Formationen vom Tertiär bis zum Silur mit Ausnahme kleiner Gebiete flach gelagert sehen. In beiden Fällen beruht die Tieflandsnatur auf dem Mangel größerer tektonischer Störungen oder auf der Einebnung vorhandener Störungen, z. B. der alten karbonischen Gebirgsbildung Süd-Rußlands. Dagegen scheint mir nicht bewiesen zu sein, daß das ganze Land in junger Zeit eingeebnet worden sei. Kleinere Störungen, sogar mit deutlichen Horsten, fehlen nicht; sie heben stellenweise die Tieflandsnatur auf und weisen auf die Entstehungsverwandschaft dieser Tiefländer mit höheren Tafelländern hin. Auch Landstufen von ähnlicher Art wie dort kommen wohl vor; ich möchte glauben, daß sie auch im russischen Tafellande eine größere Rolle

spielen, als man oft annimmt. Die alten Rumpfplatten Schwedens und Finnlands und ebenso Canadas sind durch glaziale Abhobelung stark umgebildet worden.

2. Hochländer.

Die Hochländer bekommen ihren Charakter von ihrer größeren Höhenlage, die ihnen ein anderes Klima und eine andere Pflanzendecke verleiht und dem menschlichen Leben einen besonderen Stempel aufdrückt; aber wie bereits angedeutet wurde, lassen sie sich weder gegen die Gebirge noch gegen die Tiefländer scharf abgrenzen, und auch in ihrer Entstehung zeigen sie mit beiden manche Verwandtschaft, während verschiedene Hochländer sehr verschieden sein können.

Einen ersten Typus, der aber keine selbständige Großform ist, sondern nur innerhalb von Gebirgen auftreten kann, stellen die eigentlichen Hochebenen dar, ausgefüllte Seebecken oder auch daran anschließende Flußebenen. Die schönsten Beispiele, die ich kenne, sind die drei Hochebenen der Kordillere von Bogotá. Auch an den Titicacasee schließen sich große Hochebenen an, die zum Teil in den See hinein aufgeschüttet, zum Teil zentrale Flußablagerungen sind. Hochebenen dieser Art sind wohl die vielen länglichen Hochebenen zwischen den tibetanischen Gebirgsketten und die tiefer, wenn auch immer noch beinahe in 1000 m Meereshöhe gelegene, aber viel ausgedehntere Ebene des Tarimbeckens. Auch die Hochebene im Inneren Klein-Asiens und die Hochebenen von Alt- und Neu-Castilien gehören hierher, da sie wahrscheinlich in einem Trokkenklima der Miozänzeit gebildet worden sind. Sie sind sämtlich von Gebirgen umrandet; denn nur von Gebirgen können die Flüsse Schutt herabbringen, nur von Bergen umwallt können sich die Seen gebildet haben. Die meisten von ihnen gehören einem Trockenklima an und sind wenigstens zur Zeit ihrer Bildung Zentralgebiete ohne Abfluß gewesen. Aber man wird das kaum als allgemeine Bedingung aussprechen können; wenn sich durch Einbrüche ein Seebekken bildet, kann es wohl auch in feuchtem Klima schneller ausgefüllt werden, als es durch den Abfluß angezapft wird. In den drei Hochebenen der Kordillere von Bogotá sehen wir eine offenbar nachträgliche Anzapfung, aber noch keine Zertalung. In den castilischen Hochebenen, die ihren Abfluß wohl vermehrter Feuchtigkeit des Klimas verdanken, haben sich die Hauptflüsse schon etwas eingeschnitten, aber die Zertalung ist noch sehr wenig fortgeschritten.

Wir haben die glazialen Aufschüttungen der nordischen Tiefländer kennen gelernt; aber die Tieflandsnatur ist hier eigentlich mehr zufällig. Die aus den Alpen stammenden Glazialablagerungen der oberdeutschen Hochebenen sind ihrem Wesen nach ähnlich und unterscheiden sich von ihnen hauptsächlich durch ihre etwas größere Höhenlage. In viel größere Meereshöhe rücken die Glazialablagerungen in den Tropen und in Trockenklimaten hinauf, wo sie meist auf die Gebirgstäler beschränkt sind.

In der Zusammensetzung aus Anschwemmungen gleichen den Hochebenen die gehobenen Meeresböden; aber ihrem Wesen nach sind sie etwas anderes, insofern sie durch endogene Vorgänge ihren ursprünglichen Bildungsverhältnissen entrückt und in andere Verhältnisse gekommen sind. Außer wo sie in Trockengebieten liegen, sind sie mehr oder weniger durchtalt. Als schmales Band finden wir eine gehobene Küstenebene an der adriatischen Küste Italiens; als Beispiel einer größeren Ebene nenne ich die schweizerische und oberbayrische Hochebene, in deren Bereiche sich noch in der Miozänzeit ein Meeresarm erstreckte. Gehobene Meeresböden begleiten auch die peruanische Küste; aber ob auch die geneigten Hochflächen jenseits der Küstenkordillere dahin gehören, ist bei ihrem Mangel an Versteinerungen zweifelhaft.

Gehobene Meeresböden dieser Art unterscheiden sich nur durch ihr geringes Alter und ihre Zusammensetzung aus lockerem Material von eigentlichen Tafelländern, die aus mesozoischen oder jungpaläozoischen Schichten zusammengesetzt sind. Insoweit sie durchtalt sind, was in feuchtem Klima wohl meistens der Fall ist, haben wir sie bereits bei den Gebirgen besprochen (S. 119 f.). Die Natur geschlossener Tafelländer bewahrt sich wohl nur in trockenem Klima oder bei großer Ausdehnung und Lage weit im Inneren eines Kontinentes, wohin die Erosion der Flüsse noch nicht hat dringen können. Sie sind räumlich und genetisch oft mit Rumpfplatten und manchmal auch mit ausgedehnten Lavadecken verbunden und bilden mit ihnen zusammen ausgedehnte Hochflächen, für die man den alt eingebürgerten und früher viel zu freigebig gebrauchten Ausdruck Plateau anwenden kann. Von einem Plateau in diesem Sinne kann man wohl schon in den Randteilen des spanischen Hochlandes sprechen. Viel ausgedehntere Plateaus treten in Brasilien und Guayana, im Dekan und in Mittel- und Süd-Afrika auf. Wohl greifen an einzelnen Stellen tiefe Täler ein; aber dazwischen dehnen sich

weite Hochflächen von geringer Modulation des Bodens. Stellenweise erheben sich allerdings darüber Inselberge und legen Zeugnis davon ab, daß das Land einst höher war und zu den heutigen Hochflächen abgetragen worden ist. Ihre Entstehung (vergl. S. 98) ist eine der problematischsten Erscheinungen der Morphologie.

Mit diesen Andeutungen über die Natur der Tiefländer und Hochländer muß ich mich begnügen; eine ausführliche Behandlung würde aus dem Rahmen des Buches herausfallen.

IX. Die Abhängigkeit der Landoberfläche vom inneren Bau.

Wie wir, namentlich in den einleitenden Bemerkungen zu dem Aufsatze über den Bauplan und Baustil der Gebirge, gesehen haben, hat die wissenschaftlich-morphologische Betrachtung die heutige Form der Erdoberfläche anfangs für einen fast unmittelbaren Ausdruck des inneren Baus gehalten und erst nach und nach den großen Betrag der Ausgestaltung und Zerstörung erkannt und die wirkliche Oberfläche als etwas von der tektonischen Oberfläche wesentlich Verschiedenes aufzufassen gelernt. Aber sie blieb dabei doch in enger Fühlung mit der Geotektonik und mit der Geologie überhaupt; sie blieb sich bewußt, daß die oberflächliche Umbildung immer in Abhängigkeit vom inneren Bau erfolge.

Erst neuerdings will die *Davis*sche Schule die Geographie ganz von der Geologie befreien: an die Stelle der geologischen oder petrographischen Auffassung der Gesteine und an die Stelle der geologischen Altersbezeichnung soll eine besondere morphologische treten. Auch Faltenwurf und Verwerfungen, wie sie uns die geologische Beobachtung kennen lehrt, werden als untergeordnet gegenüber den nur aus der Form zu erschließenden, also morphologisch zu beobachtenden allgemeinen Hebungen und Senkungen betrachtet. *Rühl*[1]) erhebt in dürren Worten die Forderung einer reinlichen Scheidung von Geologie und Morphologie, nicht nur in ihren Zielen, was ja gegenüber einer älteren, allzu umfassenden Richtung der Geographie auch sonst schon oft betont worden ist, sondern auch in ihren

1) Eine neue Methode auf dem Gebiete der Geomorphologie. Fortschritte der naturwissenschaftl. Forschung, hsg. von E. Abderhalden. VI. Bd, 1912, S, 80.

Forschungsmethoden. Dieser Wandel der Auffassung wäre zweifellos von großer Tragweite, nicht nur für die Frage der Arbeitsteilung, auf die es hier nicht ankommt, sondern auch für den Inhalt und die Sicherheit der Erkenntnis selbst. Deshalb müssen wir uns Klarheit darüber zu verschaffen suchen, in welchem Maße die Oberflächenformen — wobei wir uns auch hier wieder auf die des Festlandes beschränken — von den verschiedenen Tatsachenreihen des inneren Baus abhängen, und inwieweit die morphologische Auffassung mit der geologischen oder speziell tektonischen Hand in Hand gehen und sich auf sie stützen muß oder ihre besonderen Wege gehen darf.

In den Anfängen einer erklärenden Morphologie wurde, wie bereits bei der Besprechung der Kleinformen erwähnt worden ist, die Abhängigkeit der Oberflächenformen vom Gestein manchmal ganz in den Vordergrund gestellt; so finden wir in dem für seine Zeit sehr bedeutsamen und noch immer anregenden Buche von *Cotta* über Deutschlands Boden die Verschiedenheiten der Oberflächenformen der deutschen Landschaften fast ausschließlich auf die verschiedene Gesteinsnatur zurückgeführt. Ähnliche Auffassungen treten uns in vielen älteren geologischen Büchern entgegen, und auch heute kann man dieser Auffassung noch manchmal bei Geologen und von der Geologie herkommenden Geographen begegnen. Die Forschung ist jedoch in zwei Richtungen über diese enge Auffassung hinausgegangen. Die Oberflächenformen werden aus dem Gestein durch Verwitterung und Denudation gebildet; diese sind aber je nach dem Klima verschieden und werden daher aus dem gleichen Gestein in verschiedenen Klimagebieten verschiedene Formen erzeugen; nur innerhalb eines bestimmten Klimas kann man einem Gesteine bestimmte Oberflächenformen oder, ich will lieber sagen, Neigung zu bestimmten Oberflächenformen zuschreiben. Der Einfluß des Gesteins tritt zweitens auch gegenüber der Gesamtform der Falten und Schollen und der tektonischen Oberfläche zurück; ob Abtragung oder Ablagerung herrscht, und welchen Linien die Erosion folgt, hängt der Hauptsache nach hiervon ab, und jener Einfluß kommt erst in zweiter Linie, nämlich in der Leitung der nachträglichen Talbildung, in dem Ausmaße der Abtragung und in den Einzelformen der Hänge, zur Geltung.

Insoweit stimmt die bisherige deutsche Morphologie mit der neueren amerikanischen und der ihr folgenden amerikanisierenden Mor-

phologie überein. Aber nun scheiden sich die Wege. Jene übernimmt die geologische Auffassung und Unterscheidung der Gesteine, diese will sie durch eine besondere morphologische Auffassung und Unterscheidung ersetzen. Es ist charakteristisch, daß in ihren zusammenfassenden Darstellungen die geologischen Gesteinsnamen, außer Kalk, nur selten und an nebensächlichen Stellen vorkommen. Statt dessen sprechen *Davis* und seine Anhänger vorzugsweise von weichen und harten Gesteinen. Jene begünstigen die Erosion und Denudation, Talbildung und Abflachung der Hänge; diese erschweren sie. Harte Gesteine bleiben als Berge stehen, während die Umgebung eingeebnet wird. Dabei wird aber der Begriff der Weichheit oder Härte, wie *Rühl*[1]) offen eingesteht, ohne darin etwas Arges zu finden, nicht etwa durch unmittelbare Beobachtung festgestellt, sondern erst aus den Tatsachen der Talbildung und der Abflachung der Hänge erschlossen; also ein Zirkelschluß in bester Form. Auch in den Anfängen der Morphologie in den 70er Jahren, in den damaligen Arbeiten über Talbildung, hatte man den Wechsel zwischen Talengen und Talweitungen, Talstufen und Talterrassen unbesehen aus dem Wechsel harter und weicher Gesteine erklärt; aber *Löwl* hatte diesen Zirkelschluß gegeißelt, und seitdem hatte man sich vor ihm gehütet. Jetzt hält er unter amerikanischer Flagge von neuem seinen Einzug in die deutsche Wissenschaft. Diese war sich seit langem auch darüber klar geworden, daß die Widerständigkeit des Gesteins nur zum Teil in dessen mechanischer Härte, zum anderen und wahrscheinlich größeren Teil in dessen Durchlässigkeit oder Undurchlässigkeit, in dessen Löslichkeit oder Unlöslichkeit, dessen schwerer oder leichter Verwitterbarkeit und in der Art der Absonderung begründet ist. Das war ja aber nur deutsche Wissenschaft, die keine Beachtung verdiente; jetzt, da auch Amerikaner dieselbe Erkenntnis aussprechen, wird sie als neue Offenbarung angestaunt.[2]) Die deutsche Wissenschaft hat auch seit langem klar erkannt, daß für den Gegensatz von Gipfeln und Pässen oder überhaupt Aufragungen und Einsenkungen zunächst nicht das Gestein, sondern die Lage zu den Tallinien verantwortlich ist, da die Pässe die Stellen der größten Annäherung der Täler an einander, die Gipfel den größten Abstand von den Tälern bezeichnen; obgleich diese Erkenntnis bei *Davis* und seinen Schülern nicht fehlt, so scheint sie

1) Ebenda S. 99. 2) Ebenda S. 110.

mir doch gegenüber der Betonung der Härte und Weichheit des Gesteins ungebührlich zurückzutreten.

Man kann jede der Eigenschaften des Gesteins, die auf die Oberflächenformen Einfluß haben, für sich auffassen; aber das kann die Auffassung der Gesteine in der üblichen geologischen Auffassung und Bezeichnungsweise nicht ersetzen. Denn in dieser sind ja doch die verschiedenen Eigenschaften der Gesteine so gut wie möglich enthalten. Natürlich darf man sich nicht mit den allgemeinen Gesteinsklassen, wie alten Eruptivgesteinen, kristallinischen Schiefern und dergleichen begnügen, deren physikalische und chemische Eigenschaften verschieden sind; natürlich muß man bei manchen Gesteinen, z. B. Sandstein, auf Unterarten eingehen, die Größe der Körner und die Art des Bindemittels berücksichtigen, und muß man diese wichtigen Eigenschaften nötigenfalls hinzufügen; aber wenn man hierbei kritisch verfährt, so hat man in der gewöhnlichen geologischen Auffassung der Gesteine eine durch nichts zu ersetzende Grundlage der morphologischen Auffassung (vergl. S. 19 ff.).

Erscheint es somit als zweckmäßig, an die geologische Unterscheidung der Gesteine anzuknüpfen, weil diese alle überhaupt in dem Gestein liegenden Bedingungen der Oberflächenformen enthält, so empfiehlt sich das auch noch aus einem anderen Grunde. Die einzelnen Eigenschaften der Gesteine, sei es nun die Härte oder die Durchlässigkeit oder die Zersetzbarkeit oder eine andere, oder die alle diese Eigenschaften zusammenfassende Eigenschaft der größeren oder geringeren Widerständigkeit, müssen von der Morphologie als Tatsachen hingenommen werden, die nicht weiter erklärt werden können. Die geographische Verteilung der einzelnen Eigenschaften und damit auch ihrer Wirkungen auf die Oberflächenformen läßt sich überhaupt nicht erklären, und damit versagt die auf die einzelnen Eigenschaften gerichtete Auffassung gerade gegenüber der eigentlich geographischen Frage nach der Anordnung und Verteilung. Auch die Verteilung der Gesteine können wir heute erst unvollkommen erklären; aber da die Gesteine genetische Begriffe sind, erklärt sich ihre Verteilung grundsätzlich aus ihrer Entstehung, und jeder Schritt in der Kenntnis der Entstehung bringt uns auch dem Verständnisse ihrer Verteilung einen Schritt näher. Gewisse große Züge in der Verteilung der Gesteine sind uns schon heute verständlich.

Anders als gegenüber den Gesteinen ist die Stellung der Geographie gegenüber den geologischen Formationen, d. h. gegenüber der Auffassung des geologischen Alters. Hier kommt das verschiedene Wesen der Geographie und Geologie zur Geltung. Die Geologie hat durchaus Recht, wenn sie das Alter in den Vordergrund rückt; denn sie ist eine geschichtliche Wissenschaft, ist Erdgeschichte, und ihre erste Aufgabe besteht deshalb darin, eine Chronologie herzustellen. Ehe sie nicht das Alter einer Schicht genau bestimmt hat, schwebt die Erkenntnis, die sie dem Studium der Gesteine und Versteinerungen entnimmt, gleichsam in der Luft, sie kann sie nicht für die Erdgeschichte verwerten. Der Geographie dagegen kann das geologische Alter der Gesteine und Schichten an sich ganz gleichgültig sein; für ihre Betrachtungsweise kommen sie nur als Baumaterialien in Betracht, und deren Eigenschaften hängen nicht von dem Alter, sondern von der Beschaffenheit ab. Ursprünglich hat man allerdings geglaubt, daß jedem Alter eine bestimmte Gesteinsbeschaffenheit entspreche, und noch *Humboldt* konnte die roten Sandsteine Südamerikas ohne weiteres mit dem deutschen Buntsandstein zusammenstellen. Aber obgleich diese Auffassung noch hie und da nachspukt, so kann sie doch als begraben gelten; wir wissen heute, daß die Gesteinsbeschaffenheit von der verschiedenen Art der gesteinsbildenden Vorgänge und auch von der verschiedenen Art der nachträglichen Umbildung abhängt. Nur für räumlich beschränkte Gebiete und auch für zeitlich eng begrenzte Formationen, in denen die Bildungsbedingungen gleich waren, können wir einer geologischen Formation eine bestimmte Gesteinsbeschaffenheit zuschreiben, hat also die Angabe der Formation einen unmittelbaren Wert für die Auffassung des Gesteins. Sonst wird dadurch nur die Aufmerksamkeit abgelenkt und das Gedächtnis unnütz belastet. Auch der Gedanke, daß man nach der Verbreitung der Formationen die Verbreitung des Meeres in der betreffenden geologischen Periode beurteilen könne, hat ja ganz aufgegeben werden müssen, seit man die festländische Bildung vieler Ablagerungen und auch den außerordentlich großen Betrag der Abtragung kennen gelernt hat. So haben die geologischen Karten kleineren Maßstabes nur geringen Wert für die Geographie und um so geringeren, je kleiner der Maßstab ist; es ist ein Zeichen geringer methodologischer Überlegung, wenn geographischen Darstellungen noch so oft geologische Übersichtskarten kleinen Maßstabes beigegeben werden.

Drittens handelt es sich um die Abhängigkeit der Oberflächenformen vom inneren Bau oder von der Tektonik.

Man kann den Begriff „innerer Bau" in einem engeren und einem weiteren Sinne fassen.

Im engeren Sinne des Wortes, der früher allgemein üblich war und an den auch heute viele vorzugsweise denken, bedeutet er die Lagerungsverhältnisse im einzelnen, d. h. die Streich- und Fallrichtung der Schichten und der Verwerfungen und die dadurch bedingte Anordnung der Gesteine. In diesem engeren Sinne wird der innere Bau unter der Bezeichnung „Struktur" auch in der *Davis*schen Morphologie gewürdigt, da von der Anordnung der Gesteine die Verteilung der Widerstandsfähigkeit abhängt: wagrechte oder schwach geneigte Schichtenstellung, Faltung mit steiler Schichtenstellung und Auftreten homogener Massengesteine treten uns als Haupttypen entgegen. Die Entstehung nachträglicher Längstäler, die Ausbildung von Stufen und Terrassen, der Wechsel von Talengen und Talweitungen werden als Folgeerscheinungen daraus abgeleitet.

Aber die Wissenschaft ist über diese engere Bedeutung des inneren Baus hinausgegangen. Die Lagerungsverhältnisse sind ihr heute nur die eine Seite des Bildes; zum vollständigen Bilde des inneren Baus gehören auch die Gesteine selbst sowie die großen, ganze Gebiete betreffenden Hebungen und Senkungen oder Verbiegungen, er ist der vollständige Ausdruck der ganzen, aus den älteren Vorgängen der Abtragung und Ablagerung und aus Dislokationen jeder Art zusammengesetzten Bildungsgeschichte des Landes. In diesem Sinne sind etwa Typen des inneren Baus: das rheinische Schiefergebirge als ein aus gefalteten Schiefern usw. bestehendes Rumpfschollengebirge, der Schweizer Jura als ein hauptsächlich aus Kalk aufgebautes einfaches Faltengebirge, die Alpen und zwar nach der älteren Auffassung als ein junges kompliziertes oder heteromorphes Faltengebirge, nach der neueren als ein, um es kurz zu sagen, durch Faltung und Überschiebung entstandenes Gebirge. Auch die großen selbständigen vulkanischen Gebilde sind solche Typen; denn es liegt kein Grund vor, den Vulkanismus aus dem Begriffe der Tektonik auszuschließen.

Freilich ist der innere Bau im weiteren Sinne kein Gegenstand unmittelbarer Beobachtung, sondern läßt sich aus dieser nur durch eine mehr oder weniger hypothetische Konstruktion gewinnen; aber

dadurch wird nichts daran geändert, daß er einmal etwas Wirkliches gewesen ist oder, richtiger gesagt, etwas Wirkliches sein würde, wenn nicht von Anfang an die Kräfte der Oberfläche an seiner Zerstörung gearbeitet hätten. Die Oberfläche dieser wirklichen oder idealen tektonischen Gebilde kann man als die tektonische Oberfläche bezeichnen. Wir haben im dritten Aufsatze gesehen, daß sie für das Verständnis der Richtung und Anordnung der Täler von weittragender Bedeutung ist, und man kann, das Ergebnis der damaligen Betrachtungen erweiternd, sagen, daß ohne eine gute Vorstellung von der tektonischen Oberfläche die wirkliche Oberfläche gar nicht verstanden werden kann. In diesen Beziehungen ist die Berührung der Geographie mit der Geologie am stärksten. Wenn man die Tektonik theoretisch als einen Teil der Geographie auffassen kann und wenn jede wissenschaftliche Länderkunde eine tektonische Charakteristik der Länder geben muß, so fällt doch die tektonische Forschung größtenteils der Geologie zu, und die Geographie muß sich auf deren Schultern stellen.

Auch hier sucht sich die *Davis*sche Morphologie durch eine andere Auffassung des Gebirgsbaus von der Geologie freizumachen. Die Faltungen, Überschiebungen, Verwerfungen usw., die in den Lagerungsverhältnissen zum Ausdrucke kommen, sollen nicht die heutige tektonische Form und Oberfläche geschaffen haben; die von ihnen erzeugten Formen sollen vielmehr längst wieder zerstört und eingeebnet, und die für die heutige Bodengestaltung maßgebende Höhe der Gebirge und Plateaus soll vielmehr durch große allgemeine Hebungen und Senkungen oder Verbiegungen, die epirogenetischen Bewegungen *Gilbert*s, bewirkt worden sein. Gebirge wie der Apennin, der Schweizer Jura, die Alpen, die bisher als junge Faltengebirge galten, sollen darum morphologisch dasselbe sein wie die deutschen Mittelgebirge. Bei dieser Auffassung verliert der Begriff „Bau" allerdings seine weitere Bedeutung und wird wieder in seine alte enge Bedeutung zurückgedrängt: die Faltungen und Verwerfungen kommen nur noch als Ursachen der Anordnung der Gesteine, nicht mehr der Gebirgsstücke in Betracht, eine Auffassung der großen tektonischen Vorgänge, des Mechanismus der Bewegungen, wird für den Geographen ziemlich überflüssig. *Davis* scheut sich nicht auszusprechen, daß diese einfache Erklärung der Gebirgsformen aus dem allmählichen Zerschneiden gehobener Fastebenen statt aus einem komplizierten Gebirgsbau ein außerordentlich wichtiger Fortschritt der

Geographie sei[1]), wozu *Supan* mit Recht bemerkt, daß sie vielmehr eine Bankerotterklärung der neuen Theorie sei.[2])

Aber diese neue Erkenntnis ist unsicher. Daß viele Täler alte, höher gelegene Talböden zeigen, ist zweifellos; daß deren Höhenlage und Zerschneidung meist auf einer allgemeinen Hebung des Landes beruht, ist wahrscheinlich. Auch Einebnungen über größere Flächen scheinen erfolgt zu sein. Daß aber ganze, in jungtertiärer Zeit gefaltete Hochgebirge eingeebnet und dann von neuem durch solche epirogenetische Bewegungen zu gewaltiger Höhe gehoben oder sogar zum zweiten Male gefaltet worden seien, ist zwar für viele Gebirge behauptet, aber noch an keiner Stelle mit einiger Sicherheit bewiesen worden (s. o. Kap. VI). Wir tun einen Schritt ins Dunkle, wenn wir statt einer bekannten, durch die Beobachtung festzustellenden Ursache eine unbekannte und hypothetische Ursache einsetzen. Es ist ein Schritt ins Dunkle auch insofern, als wir von der geographischen Verteilung der säkularen Hebungen und Senkungen oder epirogenetischen Bewegungen noch gar nichts wissen und somit auch hier, wenn wir sie als die maßgebende Ursache der Oberflächenformen ansehen, auf das Verständnis von deren Verteilung über die Erde vorläufig verzichten.

Die vierte Frage bezieht sich auf das Alter der tektonischen Gebilde, d. h. der Dislokationen, die den heutigen inneren Bau geschaffen haben; denn dieses Alter ist für den Beginn der heutigen Umbildung und Ausgestaltung maßgebend, ist zugleich das Alter der heutigen Oberflächengestalt oder, wie man ja auch sagen könnte, das morphologische Alter.

In vielen Gegenden können wir die Spuren mehrerer großer Gebirgsbildungen feststellen; so hat das deutsche Mittelgebirgsland eine große Faltung um die Mitte der Karbonzeit durchgemacht, Verwerfungen um die Mitte der Tertiärzeit und nach neueren Forschungen, wenigstens in Nord-Deutschland, auch schon am Schlusse der Jura- oder am Beginn der Kreidezeit erlitten. Auch in anderen Gegenden, z. B. den Alpen, haben wahrscheinlich schon ältere Gebirgsbildungen stattgefunden, nur daß ihre Spuren durch die übermächtige jüngere Gebirgsbildung mehr oder weniger verwischt worden sind.

1) Erklärende Beschreibung S. 305.
2) Physische Erdkunde. 6. Aufl. S. 727.

Für die Geologie haben sie alle, mögen sie nun älterer oder jüngerer Zeit angehören, gleiche Bedeutung; denn sie ist Erdgeschichte. Ihr sind sie als geschichtliche Ereignisse interessant, ja die älteren sind ihr fast wichtiger als die jüngeren, weil sie die Anlage geschaffen und jenen wahrscheinlich den Weg gewiesen haben. Wenn der Geologe von der Gebirgsbildung Mittel-Europas spricht, denkt er vorzugsweise an die alte Faltung, und in dem monumentalen Werke von *Eduard Sueß*, in dem das Fazit der tektonischen Geologie gezogen wird, treten überall die alten Faltungen in den Vordergrund vor den jüngeren Verwerfungen.

Der Standpunkt der Geographie ist umgekehrt. Die alte Faltung kommt nur noch in der Lagerung der Schichten, der Struktur, zum Ausdrucke; dagegen hängt die tektonische Form und tektonische Oberfläche der ganzen Gebirgskörper von den jüngeren Faltungen oder Verwerfungen ab. Bei jungen Faltengebirgen kann darüber ja kein Zweifel bestehen, aber es gilt auch von Schollengebieten: der Schwarzwald und Odenwald oder das rheinische Schiefergebirge und der Harz sind für uns, dank ihren quartären und tertiären und vielleicht auch schon kretazeischen Bewegungen, Schollengebirge und erst in zweiter Linie Bruchstücke alter Faltengebirge; jener Umstand bestimmt die Gliederung im großen, dieser nur die Gliederung im einzelnen. Freilich handelt es sich selten um einen schnellen einheitlichen Bildungsakt; die Zeitbestimmung ist darum meistens nicht scharf. Bei manchen Gebirgen, namentlich im Bereiche des mittelländischen Meeres, verbinden sich zweierlei auf einander folgende Vorgänge: erst Faltung und dann Zerstückelung durch Brüche, um den heutigen Bau hervorzubringen. Es läßt sich nicht bezweifeln, daß vielfach nachträgliche Hebungen oder Senkungen oder Verbiegungen der ganzen Gebirgsmassen stattgefunden haben, und daß auch deren Alter von Bedeutung für die Morphologie ist. Wenn deren Betrag so groß sein sollte, wie es manche Morphologen annehmen, wenn z. B. die Alpen ihre Höhe und Gebirgsnatur wirklich nur einer solchen nachträglichen Hebung und nicht der Faltung und Überschiebung verdanken sollten, so würde natürlich auch das Alter der Alpen nicht nach der Faltung, sondern nach dieser Hebung zu bestimmen sein; denn erst mit ihr begänne die heutige Ausgestaltung. Aber vorläufig handelt es sich hierbei um unbewiesene Behauptungen.

In der *Davis*schen Schule hat der Begriff des Alters eine an-

dere Form angenommen. Man mißt es nicht an der gewöhnlichen, auf die Entwicklung der Pflanzen- und Tierwelt begründeten, geologischen Chronologie, sondern an dem Betrage der Umbildung, dem Charakter der Formen, der Physiognomie der Landschaft. Indem man sich aber überzeugt hat, daß der Betrag der Umbildung nicht nur von der Länge der verflossenen Zeit, sondern auch von der größeren oder geringeren Widerständigkeit der Gesteine abhängt, hat der Altersbegriff, wie in dem Aufsatze über das Alter und die Form der Täler erörtert worden ist, aufgehört, ein reiner Zeitbegriff zu sein, und bezeichnet den Entwicklungsgrad. Nur mit einer Vergewaltigung des Wortes, die notwendigerweise Mißverständnisse sowohl in den eigenen Reihen wie in den Reihen der Gegner erzeugen muß, hat man überhaupt an der Altersbezeichnung festhalten können. Eine Zeitbestimmung wird durch sie nicht gewonnen. Es klingt paradox, ist aber wahr, daß die *Davis*sche Schule, in der „Alter" das dritte Wort ist, tatsächlich auf eine wirkliche Altersbestimmung überhaupt verzichtet. Die Zeit- oder Altersbestimmung ist ja für die Geographie, die Wissenschaft der Gegenwart, von untergeordneter Bedeutung, jedoch nicht bedeutungslos. Sie ist auch wichtig für einen vergleichenden Überblick über den Bau der Erdoberfläche; wenn man dessen Gesetzmäßigkeit verstehen will, muß man wissen, in welchem zeitlichen Verhältnis die Gebilde zu einander stehen. Sie ist auch wichtig für die Auffassung aller Umbildungsvorgänge. Auch in der geologischen Neuzeit haben die Klimate sowie Pflanzen- und Tierwelt gewechselt, und diese Wechsel haben einen großen Einfluß auf die Vorgänge der oberflächlichen Umbildung der Erdrinde ausgeübt. Ihn können wir aber nur beurteilen, wenn wir das zeitliche Verhältnis der Gebirgsbildung zur Klimaänderung kennen, und dazu bedürfen wir der geologischen Zeitbestimmung. Die Vorgänge der Umbildung und Zerstörung verlaufen bald schneller, bald langsamer, und zwar nicht nur je nach dem verschiedenen Widerstande der Gesteine, sondern auch je nach der mit dem Klima wechselnden Intensität der Vorgänge. Wenn wir also den Grad der Umbildung in zwei verschiedenen Gegenden mit einander vergleichen wollen, so müssen wir für beide bestimmen können, wann die Umbildung eingesetzt hat, und dazu müssen wir wieder das geologische Alter der Gebirgsbildung kennen.

So sehen wir uns überall auf die geologische Auffassung des inneren Baus zurückverwiesen, wenn wir die Formen der Erdoberfläche

erklären wollen. Der Studierende der Morphologie, der sich vielleicht schon gefreut hat, das Studium der Geologie an den Nagel hängen zu können, wird doch wieder zum Hammer greifen und sich die Kenntnis der Gesteine und Formationen einprägen müssen. Die Geographie soll nicht zur Geologie werden, die geographische Beschreibung einer Landschaft soll auch nicht, darin stimme ich ganz mit *Davis* überein, in eine Erzählung der geologischen Geschichte auslaufen; aber die Auffassung des inneren Baus muß geologisch bleiben, und der Gedanke, morphologische Erkenntnis ohne die Hilfe der Geologie, ich möchte sagen, unter Umgehung der Geologie zu gewinnen, ist ein Unding. Die Geologie bleibt die unerläßliche Hilfswissenschaft der geographischen Morphologie, ähnlich wie etwa die Mathematik die unerläßliche Hilfswissenschaft der Physik ist.

X. Die Entwickelung der Landoberfläche.

Der innere Bau der festen Erdrinde muß den Ausgangspunkt der geographischen Auffassung der festen Erdoberfläche bilden. Zwar haben *Davis* und andere vor ihm das letzte Auftauchen des Landes aus dem Meere als diesen Ausgangspunkt (Urzustand) angesprochen, und in vielen, vielleicht sogar in den meisten, Fällen wird es auf dasselbe hinauslaufen, weil die großen Faltungen in den vom Meere überdeckten Geosynklinalen zu erfolgen scheinen; aber ob das immer der Fall ist, ob es auch von den Schollenbewegungen gilt, ob diese nicht vielmehr auch auf dem Festlande erfolgen können, entzieht sich noch unserer Kenntnis. Andererseits weiß die Geographie mit den Vorgängen der Abtragung und Ablagerung, die auf dem Festlande vor den großen tektonischen Umwälzungen erfolgt sind, nichts anzufangen; sie kommen an der heutigen Erdoberfläche nur durch die Beschaffenheit des Gesteinsmaterials zur Geltung. Mit der Herstellung des inneren Baus beginnt die geographische Entwickelung oder, um uns einmal des von *Davis* so viel gebrauchten Bildes zu bedienen, das geographische Leben der heutigen Erdoberfläche, allerdings nicht so, daß sie erst mit dessen Fertigstellung einsetzte, vielmehr zugleich damit, manchmal mit ihr Schritt haltend, meist wohl in langsamem Tempo folgend.[1])

1) *A. Penck* hat das wechselnde zeitliche Verhältnis zwischen tektonischem Aufbau und Abtragung seinen Betrachtungen über die Gipfelflur der Alpen zu Grunde gelegt. *W. Penck* erörtert es in einem eben er-

1. Das Wesen der Entwickelung.

Der Begriff der Entwickelung bedeutet zunächst eine Summierung der Wirkungen. Ebensowenig wie Rom an einem Tage erbaut worden ist, sind die Täler und Berge in einem Tage erschaffen worden. Vielmehr sind sie, nach der durch *Lyell* begründeten Anschauung, durch die Summierung kleiner Wirkungen, meist erst im Laufe vieler Jahrtausende, entstanden. Die Veränderungen, welche die oberflächlichen Kräfte an der tektonischen Oberfläche bewirken, werden im Laufe der Zeit immer größer. Insofern kann man von einem Alter der Formen (im wirklichen Sinne des Wortes, d. h. gleich der abgelaufenen Zeit) sprechen. Insofern kann man auch die auf einander folgenden Zustände der Abtragung oder Umbildung überhaupt als Entwickelungsstufen auffassen und in Entwickelungsreihen ordnen und deren Gesamtheit als einen Ablauf (nach *Davis* Zyklus) betrachten. Insofern müssen, theoretisch betrachtet, die Vorgänge der Umbildung des Landes, namentlich die Vorgänge der Abtragung und Zerstörung, sich langsam einem Endzustande nähern, bei dem sie zum Stillstande kommen, weil nichts mehr zu zerstören ist, oder weil doch die vorhandenen Kräfte dem noch vorhandenen Lande nichts mehr anzuhaben vermögen. Aber bei welchem Zustande das für verschiedene Kräfte der Fall ist und ob es öfters dazu kommt, kann nur durch eingehende induktive Untersuchung festgestellt werden. Heute besteht darüber ein Streit der Meinungen, der sich auf die in einem früheren Aufsatze erörterten Fragen zuspitzt, wie die Einebnungen oder Rumpfflächen entstanden seien, die wir in der Natur finden, und mit welchem Rechte man junge Rumpfflächen angenommen hat.

Der Begriff der Entwickelung bedeutet aber weiter, daß Bedingungen, die einmal vorhanden gewesen sind, immer Wirkungen hinterlassen, und daß diese in die Gegenwart hineinreichen, auch wenn ihre Ursachen längst vergangen, die Bedingungen andere geworden sind, also Nachwirkung andersartiger Zustände der Vergangenheit. Während die Witterungsverhältnisse und auch die Klimate wegen der leichten Beweglichkeit der Atmosphäre nur von

---

schienenen Aufsatze (Berichte d. math.-phys. Kl. d. sächs. Ak. d. Wiss. LXXII S. 65 ff.) in ausführlicher Deduktion; man wird das in Aussicht gestellte Buch mit dem induktiven Nachweis abwarten müssen, um den Wert dieser Auffassung beurteilen zu können.

den gegenwärtigen Einwirkungen abhängen, reichen die Ursachen der Oberflächenformen wegen deren größerer Beständigkeit in die Vergangenheit zurück, zeigen nicht nur Eigenschaften, die sich unter den Bedingungen der Gegenwart, sondern auch Eigenschaften, die sich unter anderen Bedingungen der Vergangenheit herausgebildet haben und sich heute nicht mehr ausbilden könnten, zeigen also nicht nur neu erworbene, sondern auch aus der Vergangenheit ererbte Eigenschaften. Der Wechsel der Bedingungen im Laufe der Zeit wird dadurch zu einer grundlegenden Tatsache für die Auffassung der Oberflächenformen. In Bezug auf die Art und das Maß dieses Wechsels aber verhalten sich verschiedene Gegenden verschieden, und dieses verschiedene Verhalten kommt in ihrer Physiognomie zum Ausdruck. Es gibt Formgebilde und Landschaften, die ihrer Entstehung nach gleichartig, harmonisch oder homogen, sind; es gibt aber auch andere Landschaften, und das dürfte die große Mehrzahl sein, die verschiedenartigen Ursprung haben, die disharmonisch oder heterogen sind[1]). Je tiefer die morphologische Forschung in das Wesen der Landschaften eindringt, um so mehr treten ihr, wenn auch manchmal nur in kleinen oder versteckten Erscheinungen, die Spuren andersartiger Vergangenheit entgegen.[2])

Die Unterschiede der Vergangenheit von der Gegenwart sind zweierlei Art, und man muß danach zwei Reihen der Entwickelung unterscheiden. Auch nach den großen Bewegungen der Erdrinde, die den inneren Bau der festen Erdrinde im großen und ganzen geschaffen haben, haben meist noch endogene Vorgänge von geringerer Intensität stattgefunden, mögen es vulkanische Ausbrüche oder schwache Faltungen und Schollenbewegungen oder auch, was wohl das häufigste ist, allgemeine Verbiegungen, säkulare Hebungen und

1) Die Bezeichnungen homogen und heterogen scheinen mir das Wesen der Sache besser zu treffen als die von *Passarge*, Physiologische Morphologie S. 119, vorgeschlagenen Ausdrücke harmonisch und disharmonisch, die nicht kausal, sondern teleologisch sind, sich nicht auf den Ursprung, sondern auf die ästhetische Wirkung beziehen. Die später von *Salomon* vorgeschlagene Bezeichnung „tote Landschaften" erscheint mir ganz mißverständlich; auch ein Mensch ist nicht tot, wenn er unter andere Bildungseinflüsse kommt. Allenfalls kann man „fossile" Landschaften so nennen; aber der Ausdruck ist längst in ästhetischem Sinne vergeben. Neuerdings spricht *Passarge* von Jetztzeit- und Vorzeitformen (Landschaftskunde Bd. III S. 101 f.).

2) Eine gute kritische Übersicht darüber gibt *Dacqué*, Grundlagen der Paläogeographie, Jena 1915.

Senkungen gewesen sein.[1]) Man kann sie in ihrer Gesamtheit als Entwickelung des inneren Baus oder tektonische Entwickelung bezeichnen. Durch sie wird das Niveau der Krustenstücke, in geringerem Maße auch das Gestein und dessen Lagerungsweise geändert; die Kräfte der oberflächlichen Umbildung bekommen dadurch gleichsam ein anderes Arbeitsfeld, ein anderes Material, an dem sie ihre Arbeit leisten. Sie werden aber auch selbst andere, weil sich die Klimate und die Regionen der Wasserführung und der Pflanzendecke ändern oder verschieben. Neben die tektonische Entwickelung tritt demnach eine klimatische Entwickelung. Die beiden Arten der Entwickelung sind in der Hauptsache unabhängig von einander. Zwar hat natürlich jede größere Hebung oder Senkung eine Änderung des Klimas im Gefolge, und manche Forscher wollen hierauf die Eiszeiten zurückführen; aber in Wahrheit scheinen diese Änderungen im Vergleich mit den anderen über die ganze Erde sich erstreckenden, auf kosmischen oder allgemeinen tellurischen Ursachen beruhenden Klimaänderungen nebensächlich zu sein. Zwar können kleinere tektonische Vorgänge vielleicht durch Klimaänderungen ausgelöst werden; aber in der Hauptsache haben sie jedenfalls endogene Ursachen. Bei dieser Zweiheit der Ursachen kann es keine einheitliche Auffassung der Entwickelung geben. Auch die *Davis*sche Auffassung ist nur scheinbar einheitlich, da sie die Folgen der Klimaänderungen und auch die vulkanischen Ereignisse als Komplikationen mehr oder weniger bei Seite schiebt und sich in der Zyklentheorie nur mit den Folgen der Hebungen und Senkungen beschäftigt.

2. Die tektonische Entwickelung.

Der einfachste Fall der tektonischen Entwickelung ist fortgesetzte, aber in den meisten Fällen nicht stetige, sondern ruckweise oder doch durch Ruhepausen unterbrochene Hebung oder auch sanfte Aufwölbung oder Aufbiegung eines Stückes der Erdrinde. Diese auf große Strecken gleichmäßigen oder nur mit ganz schwachen Neigungen verbundenen Bewegungen lassen sich nicht oder doch

1) Sollten diese nicht auf Bewegungen der Erdkruste, sondern, wie man früher geglaubt hat, auf Umsetzungen der Wassermasse der Meere beruhen, so würde sich dadurch natürlich die ursächliche Auffassung verschieben, die Bedeutung für die Ausbildung der Formen des Landes aber kaum geändert werden.

nur sehr schwer in der Lagerung der Schichten erkennen und sind darum von den Geologen lange Zeit gar nicht beachtet worden. Bei der Langsamkeit der Bewegung lassen sie sich fast nur an den Küsten unmittelbar wahrnehmen, wo schon geringe Hebung im Rückzuge des Meeres zu deutlichem Ausdrucke kommt. Lange hat man zweifeln können, ob der Meeresspiegel oder die feste Erdrinde das bewegliche Element sei, warum ja *Sueß* die neutrale Bezeichnung als negative Strandverschiebungen vorschlug; aber die Beobachtungen von *de Geer* u. a. über die Ungleichmäßigkeiten in der Verschiebung der Strandlinien haben wohl mit ziemlicher Sicherheit für die letztere Annahme entschieden und lassen den alten Ausdruck „säkulare Hebungen" wieder gerechfertigt erscheinen. Wenn die Bewegung in der festen Erdrinde liegt, muß sie sich auch auf das Binnenland erstrecken; die von *Gilbert* studierten Verbiegungen der ursprünglich wagrechten Strandlinien des Lake Bonneville im Great Basin sind wohl dieselben Erscheinungen wie die Verschiebungen des Meeresstrandes, und der von *Gilbert* geprägte Ausdruck „epirogenetische Bewegungen" daher wohl mit säkularer Hebung und Senkung gleichbedeutend. Vielleicht weisen die immerhin noch seltenen und unsicheren Beobachtungen über Änderungen der Aussicht an Punkten des Binnenlandes auf diese Art von Hebungen oder Senkungen hin. Im allgemeinen können wir darauf aber nur aus den morphologischen Folgeerscheinungen, namentlich aus Talterrassen, schließen, und es haftet daher ihrer Behauptung immer eine gewisse Unsicherheit an; denn es muß erst der Nachweis geführt werden, daß die Talterrassen sich wirklich nur durch Hebung und Senkung und nicht ebenso gut durch Klimaänderungen oder andere Ursachen erklären lassen (vgl. Kap. IV). Man hat diese Möglichkeiten anderer Erklärung manchmal wohl zu wenig beachtet.

Fast aus allen Gegenden der Erde sind alte, hoch gelegene Talböden nachgewiesen und ist wenigstens für den größeren Teil von ihnen der Zusammenhang mit Hebungen wahrscheinlich gemacht worden. Man hat darauf die Unterscheidung von Perioden der Erosion, die durch Zeiten des Stillstandes und der Verbreiterung der Talböden getrennt waren, begründet. Aber meist wurden diese Stillstandsperioden als verhältnismäßig untergeordnete Erscheinungen, nur als Unterbrechungen der Talbildung ohne größere Bedeutung für das Aussehen der ganzen Landschaft aufgefaßt. Erst neuerdings sind die Hebungen für das eigentlich maßgebende Motiv der Gebirgs-

bildung erklärt und ist im Zusammenhange damit den Perioden der Erosion eine viel weiter reichende Bedeutung für die Oberflächengestaltung zugeschrieben worden.

Ihren grundsätzlichen theoretischen Ausdruck hat diese Auffassung in *Davis'* Zyklentheorie gefunden, die ja keine allgemeine Entwicklungstheorie ist, sondern sich auf den Einfluß der Hebungen beschränkt und nur bei der Annahme eines großen Betrages der Hebung und einer sehr langen Dauer der dazwischen liegenden Stillstandsperioden eine wirklich weit reichende Bedeutung gewinnt. Das Leben der Landoberfläche beginnt danach mit dem Auftauchen über den Meeresspiegel und der Erhebung zu einiger Höhe. Nun schneiden die Flüsse Rinnen ein, und deren Hänge werden durch Verwitterung und Bodenbewegung abgeflacht. Es entstehen Täler, deren Ausbildung immer weiter fortschreitet und verschiedene Lebensalter oder Entwickelungsstufen durchläuft, bis schließlich ein Endzustand erreicht wird, in dem die Talsohlen ganz flache Kurven darstellen und die Talhänge ganz schwach gegen jene geneigt sind. Die Entwickelung bis zu diesem Endzustand bezeichnet *Davis* als Zyklus. Nun kann eine neue Hebung einsetzen und die Erosion neu belebt werden; damit beginnt ein neuer Zyklus. Diese Entwickelung kann sich mehrmals wiederholen. Jede Hebung stellt eine Unterbrechung des Zyklus, d. h. des regelmäßigen Ablaufes der Erosion, dar. Anfangs, so in einem Aufsatze vom Jahre 1894 (*Essays* S. 181) unterschied Davis kleinere Unterbrechungen, die nur Episoden darstellten, von größeren, mit denen ein neuer Zyklus beginne; aber später haben er und seine Schüler diese Unterscheidung fallen lassen: jede, auch die kleinste Hebung wird als Unterbrechung der Erosion und Beginn eines neuen Zyklus aufgefaßt. Die Unterbrechung kann in jedem Entwickelungszustande der Erosion und Talbildung erfolgen, und je nachdem wird sich ein sehr verschiedenes Bild bieten. Wenn der Fluß noch in voller Erosion begriffen war und das Tal den Reifezustand noch nicht erreicht hatte, so wird es keine Sohle haben, und die Hänge des neuen Einschnittes müssen sich unmittelbar an die alten Hänge anschließen. Hatte das Tal den Reifezustand erreicht, so werden bei neuem Einschneiden Stücke des alten Talbodens als Terrassen oder Talleisten erhalten bleiben. Hatte das Tal bereits den Zustand des Alters oder der Greisenhaftigkeit erreicht, war also das Land weithin eingeebnet, so erscheint das neue Tal in eine Rumpffläche eingeschnitten. Aber

nur durch Hebung wird ein neuer Zyklus eingeleitet; Störungen der „normalen" Erosion durch vulkanische Ausbrüche und Klimaänderungen werden nicht als Unterbrechungen eines Zyklus und Beginn eines neuen Zyklus, sondern als Komplikationen betrachtet.

Diese Theorie enthält sachlich wenig Neues; denn sowohl der normale Ablauf der Erosion und Talbildung wie der Eintritt von Unterbrechungen dieses Ablaufes durch neue Hebung waren bekannt, und man hatte demnach längst Erosionsperioden unterschieden. Sie führt nur eine neue Ausdrucksweise ein, legt einen stärkeren Nachdruck auf die Bedeutung der Hebungen und die Unterscheidung von Erosionsperioden und schreibt der Einebnung der Stillstandsperioden größere Ausdehnung zu, als es gewöhnlich geschah. Aber durch ihre Konsequenz und ihren Schematismus hat sie die Aufmerksamkeit der Morphologen viel mehr als vorher auf diese Erscheinungen gelenkt; die Unterscheidung von Zyklen ist ein bevorzugter Gegenstand der Untersuchung, ja man kann fast sagen: die Aufstellung von Zyklen ist zu einer Manie geworden. Darum muß, wie in früheren Aufsätzen die Bedeutung des Alters der Täler und die Bedeutung der Rumpfflächen, so jetzt die Bedeutung der Zyklen kritisch geprüft werden.

Am leichtesten gestaltet sich die Prüfung, wo deutliche Talterrassen vorhanden sind. Sofern sie sich nicht durch ihre Beziehung zu bestimmten Schichten als Denudationsterrassen zu erkennen geben, sind sie alte Talböden, die durch neue Erosion wieder zerstört worden sind und nur in mehr oder weniger breiten Terrassen oder Leisten Spuren hinterlassen haben. Auch alte Talböden oder Erosionsterrassen können allerdings aus verschiedenen Ursachen hervorgehen (s. S. 53 ff.); aber durchlaufende Terrassen, die dem heutigen Talboden mehr oder weniger parallel laufen, weisen in der Tat meist auf Ruheperioden und Neubelebung der Erosion durch Hebung hin. Insoweit die Annahme von Zyklen auf solche Talterrassen begründet ist, wird sich sachlich nichts dagegen einwenden lassen; freilich hat in diesem Falle die Eröffnung eines neuen Zyklus meist keine große Bedeutung für den allgemeinen Charakter der Landschaft.

Talterrassen setzen aber voraus, daß die Talbildung den Zustand der Reife erreicht und seitliche Erosion eine mehr oder weniger breite Talsohle gebildet hatte. Die neue Hebung kann aber auch schon, und besonders bei den kleinen Nebentälern wird dieser Fall

häufig sein, in einem früheren Entwickelungszustande einsetzen, wenn noch kein breiterer Talboden vorhanden ist. Die Unterbrechung des Einschneidens wird sich dann nicht in Terrassen erkennen lassen, und die Frage ist, ob wir ein anderes Mittel haben, um solche Unterbrechungen der Erosion festzustellen. *Behrmann* hat bei einer morphologischen Untersuchung des Harzes den Beweis dafür in dem Auftreten von Gehängeknicken zu finden geglaubt. Die Talhänge unserer Mittelgebirge sind gewöhnlich konvex, d. h. im oberen Teile flach, im unteren steiler geneigt. Wahrscheinlich hat sich schon mancher überlegt, ob diese Form der Gehänge auf verschiedenem Alter der Erosion beruhen könne, ob der Gehängeknick gleichsam der schwächer ausgebildete Ersatz einer Talterrasse sei. Aber die meisten haben diese Annahme bald als unwahrscheinlich zurückgewiesen und die Erklärung der Talknicke vielmehr in Eigentümlichkeiten der Abtragungsvorgänge gesucht; der Neigungswinkel der Talhänge hängt viel weniger vom Alter als von der Art der Denudation ab. Es fehlt auch jeder Beweis für die Richtigkeit der Annahme, die nur ein Ausfluß deduktiver Betrachtung ist.

War umgekehrt die Talbildung weit über den Zustand der Reife hinausgeschritten und eine weitgehende Einebnung der Landschaft erfolgt, so werden bei neuer Hebung und Neubeginn der Erosion nicht nur Talterrassen vorhanden sein; das Tal wird vielmehr in eine Rumpffläche oder Fastebene eingesenkt erscheinen. Bei *Davis* und seinen Schülern spielt dieser Vorgang eine große Rolle; die Bildung von Fastebenen oder Rumpfflächen als Gleichgewichtsflächen der Erosion und darauf eintretende Hebung und Zerschneidung sind ein regelmäßiger Bestand ihrer Erörterungen; ähnlich wie früher die Tiergeographen die Erde in Bewegung setzten, um die Verbreitung irgend eines Käfers zu erklären, lassen sie ganze Stücke der Erdoberfläche nach Belieben auf und ab steigen, zerstört und eingeebnet werden, als ob es Theaterkulissen wären. Aber unsere Prüfung der behaupteten modernen Fastebenen hat uns gezeigt, daß viele davon auf schwachen Füßen stehen, und daß man sich die Entstehung der wirklich vorhandenen oder vorhanden gewesenen wahrscheinlich auf andere Weise vorstellen muß.

Dem Gedanken der Erosionszyklen wurde für die Auffassung des Landschaftsbildes darum besondere Bedeutung zugeschrieben, weil man gleichsam Stockwerke der Landschaft mit verschiedenem Be-

trage der Zerstörung danach unterscheiden zu können meinte, da die Zerstörung im untersten Stockwerke nur enge Täler, in den oberen dagegen weite Hochflächen geschaffen und in den obersten höchstens noch einzelne Inselberge übrig gelassen habe. Wir müssen jedoch heute sagen, daß das der Fall sein kann, aber nicht zu sein braucht, daß solche Unterschiede der Stockwerke auch in der verschiedenen Widerständigkeit der Schichten begründet sein können. Landschaften wie die südwestdeutsche Stufenlandschaft sind nur dann als „mehrzyklisch" anzusehen, wenn wir auf die kurzen, in Talterrassen ausgeprägten Unterbrechungen der Erosion einen neuen Zyklus begründen wollen; die weiten Ebenheiten sind Landterrassen und haben mit Erosionszyklen nichts zu tun (s. S. 82 ff.). Auch die Rumpfflächen des Schwarzwalds, Odenwalds, Spessarts und der Vogesen sind im Bilde der heutigen Landschaft Landterrassen; denn es sind die alten permischen Rumpfflächen, die durch die Kräfte der Denudation in beliebiger Höhe über den Talsohlen wieder abgedeckt worden sind (s. S. 98). Solche fossilen Rumpfflächen dürfen nicht unbesehen als greisenhafte Oberflächenformen in die Betrachtung der heutigen Oberfläche übernommen werden; ihre Entstehung hat mit der heutigen Lebensgeschichte gar nichts zu tun, da Meeresbedeckungen und gewaltige Dislokationen dazwischen liegen. Die Auffassung der Zyklen und die Erklärung der Stockwerke der Landschaft sind zwei verschiedene Dinge: einzyklische Landschaften können bei großen Unterschieden in der Widerständigkeit der Gesteine aus weiten Hochflächen und engen Tälern bestehen; mehrzyklische Landschaften dagegen einfach gestaltete Täler nur mit mäßig breiten Talterrassen zeigen.

Wenn in der *Davis*schen Theorie die allgemeinen Hebungen eine so große Rolle spielen, eine viel größere Rolle als die Senkungen, so muß für sie eine Ursache gesucht werden. *Rühl* hat sie in der Theorie der Isostasie zu finden geglaubt.[1]) Durch die Abtragung des Landes werde das Gleichgewicht der Erdkruste gestört; wenn diese Störung einen gewissen Betrag, einen Grenzwert, erreicht habe, so werde der im Zusammenhange der Erdkruste liegende Widerstand überwunden und die Scholle hebe sich, um von neuem zerschnitten zu werden. Nach großen Abtragungen und Einebnungen des ganzen Landes kann man sich das denken, und für diesen Fall ist die Hypothese ja aufgestellt worden; sie will erklären, daß

1) Ztschr. Ges. f. Erdkde. 1911 S. 479 ff.

wir Fastebenen nur ganz ausnahmsweise im Niveau ihrer Entstehung, also in geringer Höhe über dem Meeresspiegel, sondern meist in größerer Meereshöhe und in zerschnittenem Zustande finden. Aber neue Hebungen sind auch eingetreten, wenn es nur zur Bildung von Talterrassen gekommen war, und in diesen Fällen kann man sich kaum denken, daß die vorangegangene Abtragung das Gleichgewicht der Erdkruste gestört hätte.

Den ausgedehnten Hebungen, Aufwölbungen, Aufbiegungen des Landes stehen ebenso ausgedehnte Senkungen, Einwölbungen, Einbiegungen gegenüber; sie sind uns von den Küsten bekannt und müssen sich, falls es sich nicht um Verschiebungen der Wassermassen des Meeres, sondern um Bewegungen der festen Erdrinde handelt, ebenso gut wie die Hebungen in das Binnenland verfolgen lassen. Diese Senkungen sind von der Zyklentheorie vernachlässigt und eigentlich nur in dem Falle berücksichtigt worden, daß die Senkung zu einem Untertauchen der unteren Talenden unter den Meeresspiegel führt und infolgedessen der „normale" Zyklus durch den marinen Zyklus abgelöst wird. Aber es ist auch der Fall denkbar, und manche Tatsachen weisen darauf hin, daß sich zwar das Land senkt, das gesenkte Land aber noch über dem Meeresspiegel bleibt. Die Wirkung einer solchen Senkung müßte in einer Senkung der Talsohle in bezug auf die Gleichgewichtskurve bestehen. Wenn der Fluß noch im Einschneiden begriffen war, kann er es zwar vielleicht noch fortsetzen, aber in verlangsamtem Tempo und mit geringerer Energie, da ihm sein Ziel näher gerückt ist. Wenn er dagegen die Gleichgewichtskurve schon mehr oder weniger erreicht hatte, wird er jetzt aufschütten müssen und eine Schotterebene bilden. Zwar glaube ich nicht, daß die Schotterebenen der großen Alpentäler auf diese Weise zu erklären sind, sondern halte die Ansicht *Pencks* für wahrscheinlicher, daß es sich hier um die Ausfüllung übertiefter Glazialtäler handele; wohl aber scheint bei manchen anderen Tälern, namentlich in tropischen Gebirgen, die Bildung von Schotterebenen eine Folge von Senkung des Landes zu sein (s. S. 57 f.). Tritt dann etwa neue Hebung ein, so wird die Schotterebene in eine Schotterterrasse verwandelt. Neue Senkung mag wieder Schotterablagerung bringen, die im Falle, daß sie beträchtlicher als die frühere ist, diese überdeckt, im anderen Falle aber eine eingeschachtelte Terrasse erzeugt.

Anders als bei den einfachen, auf große Strecken gleichmäßigen

Hebungen und Senkungen gestalten sich die Verhältnisse bei den Dislokationen im engeren Sinne, den Faltungen mit Überschiebungen und den Schollenbewegungen. Deren Verhältnis zu jenen ist nicht ganz klar. In der neueren Literatur besteht eine gewisse Neigung, die Schollenbewegungen, bei denen ja auch größere Stücke der Erdrinde im ganzen bewegt werden können, mit den allgemeinen Hebungen und Senkungen zusammenzuwerfen. Es ist zweifelhaft, ob mit Recht; die säkularen Hebungen und Senkungen scheinen räumlich ausgedehnter, aber zeitlich einem größeren Wechsel als die Schollenbewegungen unterworfen zu sein; es scheint sich oft um ein Auf- und Abschwanken zu handeln. Aber wenn die Schollen sehr ausgedehnt sind und die Hebung oder Senkung annähernd senkrecht erfolgt, ist ihre Wirkung auf die Flüsse und die Bodengestaltung allerdings mit der Wirkung der allgemeinen Hebungen und Senkungen zu vergleichen; Rumpfflächen und Talterrassen werden senkrecht gehoben und bewahren ihre Form. Anders dagegen, wenn die Verwerfungen sich dicht drängen und die Schollen mehr oder weniger schräg gestellt werden, und erst recht bei Faltungen und großen Überschiebungen. Nur wenn sie sehr schwach sind, kann man sie als eine bloße Abwandlung der bisherigen Landschaft auffassen. Meist wird der innere Bau ganz umgestaltet, die Flußläufe und Täler der älteren Oberfläche werden zerstört; es handelt sich nicht mehr um eine Neubelebung oder Verlangsamung der Erosion, sondern diese wird in neue Bahnen geleitet, muß ganz von neuem beginnen, und nur wenige besonders starke Flüsse können ihren Lauf gegen die Störung bewahren und als überlebende (antezedente) Flüsse in die neue Bodengestaltung eintreten. Die Auffassung der Zyklen versagt hier; es beginnt vielmehr eine ganz neue Lebensgeschichte, ebenso gut wie wenn das Land unter den Meeresspiegel versinkt, um später von neuem aufzutauchen. Die Geographie hat diesen neuen inneren Bau als gegebene Tatsache hinzunehmen.

Vulkanische Ausbrüche von beschränkter Ausdehnung bewirken nur unbedeutende Störungen, die meist ziemlich rasch überwunden werden. Dagegen erzeugen große, neue Berge schaffende vulkanische Ausbrüche sowie die über weite Gebiete ausgedehnten, oft sehr mächtigen vulkanischen Deckenergüsse und Tuffablagerungen, den Faltungen und Schollenbewegungen entsprechend, ein ganz neues Landschaftsbild, das mit dem alten kaum noch etwas zu tun hat. Sie müssen trotz ihrer Jugend als tektonische Oberfläche betrachtet werden.

3. Die klimatische Entwickelung.[1])

Neben der tektonischen Entwickelung der Erdoberfläche geht klimatische Entwickelung einher. Die Klimate der Erde haben sich verändert oder wenigstens verschoben, und wenn auch die früheren Klimate selbst vergangen sind, so haben sie doch an der festen Erdoberfläche deutliche Spuren hinterlassen, ihr teilweise einen so starken Stempel aufgedrückt, daß der heutige Landschaftscharakter oft viel mehr von dem Klima der Vergangenheit als von dem der Gegenwart abhängt.

Manchmal kann man zweifelhaft sein, ob eine Erscheinung, z. B. Schotterterrassen oder auch die in breitere Täler eingeschnittenen Klammen oder selbst hoch gelegene Rumpfflächen, auf Niveauverschiebung oder Klimaänderung hinweisen. Im allgemeinen aber äußern sich Änderungen des Klimas anders als solche des inneren Baus. Während diese hauptsächlich die Lage der Vorgänge verändern, in den einfacheren Fällen ihr Niveau heben oder senken, in verwickelteren Fällen die alten Formen bis zur Unkenntlichkeit verbiegen und verknittern, schaffen die klimatischen Veränderungen einen anderen Stil: jedes Klima erzeugt eigenartige Formen, und wenn das Klima einer Landschaft früher anders war, so stoßen verschiedenartige Formen zusammen. Wie wir über einer antiken Basilika einen romanischen Dom finden, der nach oben gotisch wird, so sehen wir fluviatile, glaziale und wieder fluviatile Formen oder Formen eines Trockenklimas und eines feuchten Klimas über und in einander gefügt.

Die bei einem Wechsel des Klimas eintretenden Veränderungen der Erdoberfläche sind manchmal außerordentlich mannigfaltig und verwickelt. Erstens ändern sich die großen Vorgänge der Umlagerung: Gletscher treten an Stelle der Flüsse und umgekehrt, die Wasserführung der Flüsse vermehrt oder vermindert sich, diese bekommen eine ausgesprochene Periodizität oder verlieren sich ganz. Zweitens ändert sich die Art der Verwitterung und Denudation: bei einer Schwankung der Temperatur um den Nullpunkt gewinnt oder verliert die Frostverwitterung an Wichtigkeit, bei einer Vermehrung oder Verminderung der Feuchtigkeit ändert sich die chemische Zersetzung,

1) Dieses Problem behandelt auch *Passarge*, Physiologische Morphologie Kap. V, sowie *Pencks* Abhandlung: Die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen der Klimagürtel, Sitz. d. preuß. Akad. d. Wiss. 1913 S. 577 ff.

bei Austrocknung in warmen Klimaten vergrößert sich die Insolation und damit der Zerfall des Gesteins; dazu kommen viele kleinere Änderungen, die hier nicht besprochen werden können. Drittens ändern sich die Pflanzen- und Tierwelt, und auch von hier gehen mannigfache, aber teilweise noch nicht recht geklärte Einflüsse auf Verwitterung und Denudation und auch auf die großen Vorgänge der Umlagerung aus.

Diese verschiedenen Klassen von Veränderungen gehören in bestimmter Weise zusammen. In jedem eigenartigen Klima haben, gleichen inneren Bau vorausgesetzt, die Vorgänge der Umlagerung, Verwitterung und Denudation und auch die von der Pflanzen- und Tierwelt ausgehenden Einflüsse und demgemäß auch die Oberflächenformen und Bodenarten einen bestimmten Charakter, den wir aus dem Klima ableiten können. Zwar sind sie je nach dem inneren Bau verschieden, aber sie sind im gleichen Klima auf den gleichen Grundton gestimmt. Jede Klimaänderung wird von bestimmten Änderungen in der Art der Vorgänge und demgemäß in der Ausbildung der Formen und Bodenarten begleitet sein. Der Forschung erwächst daraus die wichtige Aufgabe, die morphologische Eigenart jedes Klimawechsels zu untersuchen. Wenn man über die den verschiedenen Klimaten zugehörigen Vorgänge und die daraus hervorgehenden Formen nachdenkt, wird man sich natürlich manche Erscheinungen klar machen können; aber ein durchgreifender Versuch, die morphologischen Folgeerscheinungen der verschiedenen Klimate und Klimawechsel deduktiv abzuleiten, wie ihn *Passarge* unternommen hat, scheint mir verfrüht zu sein. Dazu sind uns die Vorgänge der Natur noch zu wenig bekannt; ich brauche bloß etwa an die Meinungsverschiedenheiten über die glaziale Erosion oder über die Abtragung in Waldländern zu erinnern. Der gewiesene Weg der Untersuchung ist auch hier die Induktion, die aber selbstverständlich kein empirisches Aufraffen sein darf, sondern von theoretischem Nachdenken geleitet werden muß. Darum will ich hier nur kurz zusammenstellen, welche Klimaänderungen wahrscheinlich gemacht worden sind, und in welchen Formgebilden sie sich zu erkennen geben. Ich beginne dabei mit den jüngeren und schreite allmählich in größere Vergangenheit zurück; von den postglazialen Änderungen kann man dabei wohl absehen, weil sie keine in größeren Betracht kommende morphologische Bedeutung zu haben scheinen.

Der jüngste von der Gegenwart verschiedene Klimazustand der

Vergangenheit, der in den Formen der Landoberfläche zu stärkerem Ausdrucke kommt, ist das Steppenklima, das zuerst von *F. v. Richthofen* aus dem Vorkommen des Löß und etwas später, aber unabhängig, von *Nehring* aus den im Löß enthaltenen Tierresten erschlossen worden ist. Nach den neueren Forschungen gehört es, und zwar in mehrfacher Wiederholung, großenteils jungglazialer und vielleicht auch interglazialer Zeit an, während die durch pflanzengeographische und prähistorische Untersuchungen wahrscheinlich gemachte postglaziale Trockenzeit mit keiner Lößbildung verbunden gewesen zu sein scheint. Obgleich der Widerspruch gegen diese Hypothese noch nicht ganz verstummt ist, darf sie in der Hauptsache wohl als bewiesen gelten. Aber im einzelnen bestehen noch Zweifel, die von zwei Seiten her kommen. Manche neuere Forscher leiten den Staub, der den Löß gebildet hat, nicht aus der eigentlichen Wüste, sondern aus den Ablagerungen der eiszeitlichen Gletscher und Inlandeismassen oder Schmelzwässer ab. Diese Auffassung wird durch die häufige räumliche Verknüpfung der beiden Erscheinungen für einen Teil der Lößgebiete begünstigt; aber andererseits fehlt diese Verknüpfung gerade bei den wichtigsten Lößgebieten, und es ist auch nicht recht klar, unter welchen Bedingungen des Pflanzenwuchses sich der Staub nach dieser Auffassung abgesetzt haben soll; denn daß Grassteppen so nahe an die Gletscher herangereicht haben, ist unwahrscheinlich.[1]) Einen Irrtum hatte *Richthofen* darin begangen, daß er den Staub in den eigentlichen Trockengebieten ohne Abfluß abgelagert werden und die Zertalung und Auslaugung dieser Staubablagerungen nachfolgen ließ. Staubabsatz ist nur in einem Gebiete mit periodischen Regen und zusammenhängender Grasdecke möglich; in diesem werden sich aber in der Regenzeit Flüsse bilden und Täler einschneiden. Die eigentlichen Zentralgebiete mit Trockenklima entbehren nach den Untersuchungen *Obrutschews* den Löß, der vielmehr hauptsächlich den Grassteppen angehört und dort unter ähnlichen Bedingungen gebildet worden ist, wie sie in der Gegenwart herrschen. Nur wo sich Löß in heutigen Waldländern findet, muß man für die Zeit seiner Bildung auf ein anderes Klima schließen, dessen Ursache vielleicht in einer, auch aus anderen Gründen wahrscheinlichen, weiteren Ausdehnung des Kontinents gegen den Ozean zu suchen ist.

---

1) Dieses Bedenken bleibt auch nach der neuen ausführlichen Darlegung von *Soergel*, Löß, Eiszeiten und paläolithische Kultur, Jena 1919, bestehen.

Mit dem Löß gleichaltrig und wohl auch der Entstehung nach mit ihm verbunden scheinen vielfach Dünen und Flugsandbildungen mit Dreikantern zu sein. Auch die Schotterterrassen, auf denen der Löß oft aufliegt, verdanken ihre Entstehung vermutlich dem trockenen Klima. Dagegen ist es falsch, die den durchlässigen Sandsteinen eigentümlichen Felsformen auf ein Trockenklima zurückzuführen, so daß sie nach der Analogie anderer Wortbildungen „Wüstlinge" sein würden.

Die bekannteste und am besten untersuchte Erscheinung der klimatischen Entwickelung ist die Eiszeit. Bis weit in die gemäßigte Zone hinein war der größte Teil des Landes einmal oder mehrmals von gewaltigen Inlandeismassen überdeckt, und bis in die Äquatorialzone trugen die höheren Gebirge Firndecken, von denen sich mehr oder weniger große Gletscher in die Täler hinabsenkten; das Klima muß überall kälter, die Pflanzenwelt und Tierwelt dieser größeren Kälte angepaßt gewesen sein. Die Eiszeiten, die nach den Untersuchungen *Pencks* wahrscheinlich auf einer über die ganze Erde hin ziemlich gleichmäßigen Erniedrigung der Temperatur beruhen, stellen Episoden, wenn auch gewaltige Episoden, in der Entwickelung der Erdoberfläche dar; denn es kann heute wohl als sicher angenommen werden, daß nicht nur in den Interglazialzeiten, sondern auch vorher, am Schlusse der Pliozänzeit und am Beginne der Quartärzeit, das Klima ebenso warm, ja vielleicht noch etwas wärmer als in der Gegenwart gewesen ist und demnach auch die Bodengestaltung von denselben Kräften wie in der Gegenwart, nämlich von den Flüssen und vom Regenwasser, beherrscht war. Die Gletscher legten sich in den Gebirgen und Hochländern in die Täler hinein oder überdeckten niedrige, fluviatil gestaltete Hügelländer oder Flußebenen. Wenn man die heutige Bodengestaltung verstehen will, muß man darum nicht bloß die Bodengestaltung der eiszeitlichen Vorgänge in ihrer vollen Bedeutung würdigen, sondern auch weiter zurück die präglaziale Bodengestaltung aufzufassen und zu erklären suchen; lebhaft wird heute die Streitfrage erörtert, ob die Talsohlen der Alpen beim Eintritte der Vergletscherung das Gleichgewichtsprofil mehr oder weniger erreicht hatten oder ob die Flüsse in voller Erosion begriffen waren, ob die Täler also breite Talböden hatten oder nicht. Wenn es mehrere Eiszeiten gegeben hat, die durch wärmere Interglazialzeiten getrennt waren, so wird man auch die bodengestaltende Wirkung der verschiedenen Eiszeiten unterscheiden müssen: die Unterschei-

dung mehrerer Eiszeiten ist ja von der Unterscheidung mehrerer Schotterterrassen ausgegangen; aber für die inneren Gebiete, in denen die Gletscher weniger ablagernd als ausräumend gewirkt haben, ist die Unterscheidung der in den verschiedenen Eiszeiten geschaffenen Formen großenteils erst vorzunehmen.

Wir brauchen hier nicht auf die Formenbildung der glazialen Erosion und der glazialen und fluvioglazialen Ablagerung näher einzugehen; denn obgleich darüber noch große Meinungsverschiedenheiten bestehen, so ist doch die große Bedeutung dieser Formenbildung allgemein anerkannt. Dagegen hat sich die Aufmerksamkeit erst neuerdings stärker auf den Einfluß des kälteren Klimas gerichtet, das in den Eiszeiten geherrscht haben muß. An den über den Firn und die Gletscher aufragenden Gipfeln und auch in einem weiten Umkreise der Vergletscherung, in den periglazialen Gebieten, wie man sich ausgedrückt hat, müssen Verwitterung und Bodenbewegung anders gewesen sein als heute oder überhaupt in wärmeren Zeiten; Frostwitterung und Bodenfluß müssen eine größere Rolle gespielt haben. Aber da es sich dabei eigentlich weniger um eine Änderung im Wesen, als um eine Verstärkung der Verwitterung und Denudation handelt, ist es oft schwer, die periglaziale Bodengestaltung von der heutigen zu unterscheiden. Wie es bei neuen Gedanken leicht geschieht, ist man in der Auffindung periglazialer Wirkungen wohl schon zu weit gegangen und hat der Eiszeit Formen zugeschrieben, die zweifellos erst in der Gegenwart gebildet worden sind, da sie sich ganz entsprechend auch an menschlichen Bauwerken finden.

In den Wüsten und Halbwüsten, die in subtropischen Breiten so große Flächen einnehmen, haben *Fraas*, *Hull*, *Gilbert* und andere Forscher die Spuren eines feuchteren Klimas der Vergangenheit zu finden geglaubt; sie haben es Pluvialklima genannt und als gleichzeitig mit der Eiszeit höherer Breiten aufgefaßt. Der verdiente Erforscher der Bodengestaltung der Wüste, *Johannes Walther*, hat zwar dagegen Widerspruch erhoben; aber durch seine liebevolle Versenkung in die Erforschung der heutigen Vorgänge der Wüste verleitet, hat er ein an sich berechtigtes Forschungsprinzip, nämlich eine andersartige Vergangenheit nicht eher zu Hilfe zu rufen, als sich die Kräfte der Gegenwart wirklich unzureichend erweisen, in diesem Falle doch wohl falsch angewandt. Die Tatsache der Klimaänderung dürfte, wie *Blanckenhorn* in einer neueren Arbeit (1910) wieder betont, wenigstens für die nördlichen Randgebiete unbestreitbar sein. Keinesfalls

kann der Wind solche langgestreckte Hohlformen mit dem immer wiederkehrenden Gegensatze von Prallhängen und Gleithängen und überhaupt mit allen Merkmalen der Täler ausgeblasen haben, und auch die Regenfluten der Gegenwart dürften kaum im Stande sein, so lange Täler und so reich verzweigte Talsysteme zu schaffen, wie wir sie in manchen Teilen der Sahara und Arabiens finden. Zweifelhafter ist die Beweiskraft der Schotterterrassen, die am Rande des Niltales vor der Mündung der größeren Wadis und ähnlich in anderen Gegenden liegen. Sie werden von *Blanckenhorn* als Gebilde eines feuchteren Klimas gedeutet; aber *Passarge* meint, wohl mit Recht, daß man sie eher als Gebilde einer trockeneren Klimaperiode auffassen könne, während die Erosion der feuchteren angehöre. Möglicherweise hängt ihre Bildung, ähnlich wie die Bildung von Terrassen am Rande des oberrheinischen Grabens, gar nicht mit Klimaänderungen, sondern mit Fortschritten in der Senkung des (allerdings noch zweifelhaften) Nilgrabens zusammen. In Zentralgebieten werden in feuchten Perioden die Seespiegel steigen, so daß vielleicht sogar Abfluß zu Stande kommt; seit *Gilbert* und *Russell* hoch liegende Strandterrassen und alte Abflüsse der großen Seen des nordamerikanischen Kordillerenlandes nachgewiesen haben, hat man ähnliche Erscheinungen in anderen Zentralgebieten wiedergefunden. Dagegen hat *Passarge* gegen den Versuch, das Gebiet der algerischen Schotts als eine nachträglich verschüttete Tallandschaft aufzufassen, energischen Einspruch erhoben.

Das Pluvialklima tritt uns zunächst als eine hydrographische Tatsache, als eine Tatsache größerer und regelmäßigerer Wasserführung, entgegen. *Walther* meint, indem er an *Pencks* Auffassung der Eiszeiten erinnert, daß diese weniger in größerer Menge der Niederschläge als in niedrigerer Temperatur und geringerer Verdunstung begründet gewesen sei, und will darum den Ausdruck „Pluvialklima" vermieden wissen; aber Verminderung der Temperatur wird an der Grenze der Wüste vermutlich mit Vermehrung der Regen verbunden sein. Immerhin würde man vielleicht besser von fluviatilem Klima sprechen.

Über Änderungen des Klimas der Tropen in der Quartärzeit liegen, von der tieferen Lage der Schneegrenze und der tieferen Erstreckung der Gletscher abgesehen, erst wenige Beobachtungen vor. Wahrscheinlich, aber schwer zu beobachten ist eine allgemein etwas niedrigere Temperatur. Außerdem wäre an die Möglichkeit

zu denken, daß entweder das periodisch feuchte Steppen- und Savannenklima oder umgekehrt das immerfeuchte Waldklima weiter ausgedehnt als heute gewesen sind. *Lang* meint, daß der Laterit nicht in immerfeuchtem, sondern nur in periodisch feuchtem Klima gebildet worden sei, und nimmt da, wo er heute in immerfeuchten Gebieten auftritt, Klimaänderung an.

Am Schlusse der Pliozänzeit scheint das Klima dem der Gegenwart ähnlich gewesen zu sein. Für die Miozänzeit müssen wir in höheren Breiten nach dem Charakter der fossilen Floren und auch nach Schlüssen aus der heutigen Verteilung der Pflanzen ein beträchtlich wärmeres und dabei feuchtes Klima annehmen. Süd-Grönland soll nach *Heer* damals ein Klima wie das heutige Klima von Carolina gehabt haben.[1]) In den Gebirgen muß die Schneegrenze damals höher gelegen haben; in Höhen, die heute verfirnt und vergletschert sind, konnte das fließende Wasser Täler einschneiden; denn die Täler, in die sich später die Gletscher hineingelegt haben, stammen wahrscheinlich aus jener Zeit, die auf die großen Vorgänge der Gebirgsbildung folgte. Dagegen scheint das Klima in mittleren Breiten stellenweise trockener als in der Gegenwart gewesen zu sein: nach den Untersuchungen *Pencks* war das innere Spanien ein abflußloses Zentralgebiet ähnlich wie heute etwa die Hochflächen der Atlasländer und des inneren Klein-Asiens. Es wäre denkbar, daß dafür auf der Äquatorialseite der heutigen Trockenzone feuchteres Tropenklima hereinreichte. Vielleicht gehören die roten Laterite, die *Walther* im Grenzgebiete des ägyptischen Sudans und der Sahara gefunden hat, dieser Zeit an.

Die klimatischen Verhältnisse noch früherer Zeiten, etwa von der Mitte der Tertiärzeit rückwärts, kommen für das Verständnis der Gegenwart im allgemeinen wenig in Betracht, weil die in jener Zeit geschaffenen Züge der Bodengestaltung durch die großen seitdem erfolgten Dislokationen meist verwischt sind und nur in der Beschaffenheit des Gesteins und im Charakter der Versteinerungen ihre Spuren hinterlassen haben. Nur in Gebieten, in denen große Landmassen von jener Zeit an stabil gewesen sind, mag sich die Bodengestaltung alttertiärer und mesozoischer Zeit bewahrt haben. So hat *Passarge* die Platten- und Inselberglandschaften des tropischen und subtropischen Afrikas aus einem während der ganzen mesozoischen

1) Allerdings wird das neuerdings bezweifelt.

Zeit herrschenden Wüstenklima zu erklären versucht; aber diese Erklärung muß vorläufig doch wohl mit einem Fragezeichen versehen werden!

Wenn wir die Klimaänderungen der jüngeren Zeit überblicken, so drängt sich uns eine wichtige Erkenntnis auf. Es liegt bisher kein Grund vor, Klimate anzunehmen, die von denen der Gegenwart ihrer ganzen Art nach verschieden gewesen sind; vielmehr handelt es sich entweder um graduelle Abstufungen oder — was teilweise auf dasselbe hinauskommt — um Verschiebungen in der Lage der Klimagebiete: die Klimate haben einen mehr polaren oder mehr äquatorialen, einen mehr ozeanischen oder mehr kontinentalen Charakter als in der Gegenwart gehabt. Es wäre eine ebenso wichtige wie lohnende Aufgabe, die aber mehr der Geologie bzw. Paläogeographie als der Geographie zufällt, diesen Verschiebungen und Veränderungen näher nachzugehen und die synthetische Auffassung der Klimate, zu der man neuerdings gelangt ist[1]), auf die Erklärung der Klimate der jüngeren geologischen Vergangenheit zu übertragen.

4. Zusammenfassung.

So müssen wir bei der Erklärung des heutigen Bildes der festen Erdoberfläche nicht nur mit Ursachen der Gegenwart, sondern auch mit solchen der Vergangenheit rechnen. Aber im allgemeinen brauchen wir dabei nur bis zur Mitte der Tertiärzeit zurückzugehen; nur die Verhältnisse dieser jüngeren geologischen Vergangenheit sind von unmittelbarer Bedeutung für die Gegenwart.

In zweierlei Beziehung müssen wir andere Verhältnisse annehmen: nämlich andere tektonische und andere klimatische Verhältnisse. Ein gewisser ursächlicher Zusammenhang zwischen beiden besteht zweifellos, da jede größere Änderung der Höhenlage und der Tektonik überhaupt mit einer Klimaänderung verbunden ist; aber keinesfalls lassen sich alle oder auch nur die größeren Klimaänderungen auf diese Weise erklären. Vielmehr scheint es sich um zwei verschiedene Ursachenreihen zu handeln.

Bisher sind uns weder die Ursachen der tektonischen Änderungen noch die der Klimaänderungen bekannt; man hat auf viele mögliche

1) *Koeppen*, Versuch einer Klassifikation der Klimate, G. Z. 1900 S. 593 ff. u. 657 ff.; auch als Broschüre, dazu Pet. Mitt. 1918 S. 193 ff. u. 243 ff. und *Hettner*, die Klimate der Erde, G. Z. 1911 S. 425 ff., 545 ff., 618 ff., 675 ff.

Ursachen hingedeutet, aber für keine sichere Beweise zu liefern vermocht. Eine deduktive Ableitung dieser Veränderungen aus ihren Ursachen ist demnach vorläufig nicht möglich. Einen gewissen Beistand, wenigstens für die Feststellung vergangener Klimate, leistet uns die Untersuchung der fossilen Floren und Faunen und auch die pflanzen- und tiergeographische Untersuchung. Die aus der morphologischen oder bodenkundlichen Untersuchung gezogenen Schlüsse haben ein anderes Gewicht, wenn sie dadurch bestätigt werden. So war es für die Annahme von *Richthofens* Lößtheorie sehr bedeutsam, daß *Nehring* durch die Untersuchung der im Löße enthaltenen Tierreste zu derselben Auffassung kam. Die Kenntnis des wärmeren Klimas der Tertiärzeit wurde durch *Heers* Untersuchung der fossilen Flora Grönlands angebahnt. Der größere Teil der Aufgabe scheint aber der Analyse der Formen und der Bodenbeschaffenheit zuzufallen. Sie hat, wie wir gesehen haben, große Ergebnisse gezeitigt. Aber manchmal hat man nicht die genügende Vorsicht walten lassen und ist zu Trugschlüssen gekommen. Man darf nicht aus dem Vorkommen bestimmter Oberflächenformen in einer Gegend, bloß weil sie heute auch oder sogar vorzugsweise in der Wüste oder im Polarklima vorkommen, ohne weiteres auf ein Wüstenklima oder ein Polarklima der betreffenden Gegend schließen, ohne sorgfältig zu prüfen, ob dieselbe Oberflächenform nicht auch unter den gegenwärtig in dieser Gegend herrschenden Bedingungen gebildet werden könne. Die Untersuchung muß zuerst immer die Bildungsmöglichkeiten der Gegenwart genau prüfen und darf nur, wenn diese versagen, die der Vergangenheit zu Hilfe rufen. Namentlich die Kleinformen der Verwitterung werden sich nur zum Teil aus einer andersartigen Vergangenheit bewahrt haben; im allgemeinen wird sich diese nur in den größeren Formen widerspiegeln. Man darf auch nicht einseitig nur an den Wechsel der tektonischen oder nur an den Wechsel der klimatischen Verhältnisse denken, sondern muß immer beide Möglichkeiten im Auge behalten; denn obgleich sich die Wirkungen tektonischer Veränderungen im allgemeinen von den Wirkungen klimatischer Veränderungen unterscheiden, jene mehr das Niveau, gleichsam das Stockwerk der Erosion und Abtragung, diese ihren Stil betreffen, so ist dieser Unterschied doch nicht durchgreifend. Kann man doch bei der Erklärung mancher Talterrassen und jungen Talformen ebenso wie bei der Erklärung mancher Rumpfflächen noch zweifelhaft sein, ob sie durch eine Niveauveränderung oder

eine Klimaänderung bewirkt worden sind! Die Deduktion läßt beides möglich erscheinen; die Entscheidung kann nur durch induktive Untersuchung gefällt werden.

XI. Die Umlagerung an der Erdoberfläche und die morphologische Wechselbeziehung der Landschaften.

Die Vorgänge der oberflächlichen Umbildung der festen Erdrinde lassen sich in zwei Klassen zerlegen: einerseits die Vorgänge der Verwitterung, worunter wir eine Änderung der stofflichen Beschaffenheit verstehen, mag diese nun mechanischer Zerfall des Gesteines oder chemische Zersetzung sein, andererseits die Vorgänge der Bewegung und Umlagerung, der Wegnahme oder Abtragung, des Transportes und der Ablagerung oder Aufschüttung. In der Wirklichkeit sind diese beiden Klassen von Vorgängen natürlich nicht scharf getrennt: an die Verwitterung knüpft sich immer eine gewisse Umlagerung an, und wenn es auch nur durch die Schwerkraft wäre; die Umlagerung ist immer auch mit einer gewissen Änderung der stofflichen Beschaffenheit, z. B. einer Verkleinerung und Abrollung der Gesteine, verbunden. Aber ihrem Wesen nach sind sie verschieden, von verschiedenen Ursachen abhängig und von verschiedener Wirkung auf die Gestaltung der Erdoberfläche. Die Vorgänge der Verwitterung hängen nur von den an der betreffenden Stelle der Erdoberfläche gegebenen Bedingungen ab, und jede Erdstelle ist unabhängig von anderen. Im Wesen der Umlagerung dagegen liegen Beziehungen verschiedener Erdstellen zu einander. Jeder Vorgang der Abtragung hat notwendigerweise Vorgänge der Ablagerung zur Folge, und diese wirken wieder auf die Abtragung zurück. Es besteht eine Beziehung, und zwar eine Beziehung der Wechselwirkung oder Korrelation.

Da solche Vorgänge der Umlagerung nirgends ganz fehlen, gibt es auch keine Erdstelle, die ganz in sich begründet, von anderen ganz unabhängig wäre; vielmehr läßt sich jede Erdstelle in Bezug auf die oberflächliche Umbildung der festen Erdrinde nur als Teil eines größeren Komplexes oder Systems, eines Erdraumes, auffassen.[1])

1) Eine grundsätzliche Erörterung dieser Vorgänge und der sich daraus ergebenden Systeme oder Komplexe habe ich in dem Aufsatze über Grundbegriffe und Grundsätze der physischen Geographie, Geogr. Zeitschr. 1903 S. 21 ff., 121 ff., 193 ff., gegeben.

Wohl aber bestehen Unterschiede des Maßstabes, in dem die Vorgänge der Umlagerung erfolgen. Ihr Schauplatz kann ein räumlich ganz beschränktes Gebiet, z. B. ein Berghang sein, an dem Schwere, Regen- und Bodenwasser sowie Lawinen das durch die Verwitterung gelockerte Material hinabführen und am Fuße anhäufen. Die Umlagerung ergibt sich in diesem Falle aus den Höhenunterschieden; klimatische und überhaupt regionale Gegensätze fehlen oder kommen doch nicht in Betracht. Natürlich gibt sich das Vorhandensein einer Bewegung sowohl in den Formen des Schuttes wie darin zu erkennen, daß oben anstehendes Material das weiter unten anstehende oder durch Verwitterung gebildete Material überdeckt, aber praktisch schließen sich diese Vorgänge der Umlagerung ziemlich nahe an die Verwitterung an; sie hängen von denselben Bedingungen des Klimas und Gesteins wie diese ab, und man wird die geographische Verteilung der Verwitterung und Denudation gemeinsam auffassen können. Eine besondere Rolle spielen die Vorgänge der Umlagerung erst, wenn sie das Material aus einer Gegend in die andere bringen (wobei auch die verschiedenen Höhenzonen eines Gebirges als verschiedene Gegenden aufzufassen sind), dadurch eine Gegend von der anderen abhängig machen, so daß sie nicht mehr aus den in ihr herrschenden Bedingungen allein, sondern nur aus ihrem Verhältnis zu anderen Gegenden verstanden werden kann. *Penck*[1]) unterscheidet danach zwischen autochthonen und allochthonen Erscheinungen; *Passarge*, der früher von konsonanten und dissonanten Erscheinungen sprach, schlägt neuerdings[2]) Heimats- und Fremdlingsformen vor, wofür ich noch lieber ortsständige oder eingeborene und ortsfremde Formen sagen möchte.

Wir kennen an der Landoberfläche drei Kräfte der Bewegung und Umlagerung in größerem Maßstabe oder, wie wir wohl sagen können, der regionalen Bewegung und Umlagerung, nämlich Gletscher, Flüsse und Wind; von den Vorgängen an den Küsten soll hier wie in den vorigen Aufsätzen noch abgesehen werden. Demnach können wir zwischen Bewegung und Umlagerung durch Gletscher, durch Flüsse oder überhaupt durch fließendes Wasser und durch den Wind oder zwischen glazialer, fluviatiler und äolischer Bewegung und Umlagerung unterscheiden.

1) Sitzungsberichte d. kgl. preuß. Akad. d. Wiss. phys.-math. Kl. 1900 S. 246.

2) Landschaftskunde Bd. III S. 100.

Das Auftreten und die Herrschaft dieser drei Kräfte sind klimatisch bedingt, und sie nehmen in verschiedenen Klimagebieten ihren Ausgang; aber es ist ganz falsch, wenn man, wie man es so oft tut, ihre Herrschaft mit diesen Klimagebieten zusammenfallen läßt.

Die für die Vorgänge der Umlagerung in Betracht kommenden drei Haupttypen des Klimas[1]) sind: 1. Firn- (oder nivales) Klima, in dem die sommerliche Wärme nicht ausreicht, um den im Winter gefallenen Schnee zu schmelzen, dieser daher als ewiger Schnee oder Firn liegen bleibt; 2. feuchtes oder humides Klima, in dem die Wärme ausreicht, um den im Winter gefallenen Schnee zu schmelzen, die Verdunstung nebst der Versickerung aber nicht ausreicht, um den in fester oder flüssiger Form gefallenen Niederschlag aufzuzehren, und 3. trockenes oder arides Klima, in dem die Verdunstung den Niederschlag, und zwar nicht nur im Jahresmittel, sondern während des ganzen Jahres übertrifft und aufzehrt. Innerhalb der drei Haupttypen wird man weitere Unterscheidungen machen müssen, die später besprochen werden sollen.

Diese Klimatypen sind nicht genetisch verschieden, sondern nur quantitative Abstufungen und zerschneiden genetisch einheitliche Klimate ziemlich zufällig, warum sie keine eigentlich klimatische Bedeutung haben; aber für den Wasserhaushalt und die Bodengestaltung sind sie von der allergrößten Bedeutung. Das Firnklima ist das Nährgebiet der Gletscher. Das feuchte Klima ist das Nährgebiet der Flüsse. Im dauernd trockenen Klima können nur Eintagsflüsse entstehen, die rasch wieder vergehen; hier entfaltet sich dagegen zwar nicht der Wind selbst, der ja auch in feuchten Klimaten weht, aber die bodengestaltende Tätigkeit des Windes, da dieser auf dem kahlen pflanzenleeren Boden Sand und Staub aufnimmt und wegbläst; die Wüste ist das Nährgebiet der Umlagerung durch den Wind. Aber die Gletscher bleiben nicht im Firnklima, sondern erstrecken sich dank ihrer Bewegung darüber hinaus in das feuchte Klima. Die Flüsse brauchen nicht im feuchten Klima zu bleiben, sondern können aus diesem heraus in trockene Gegenden fließen. Der Wind weht aus trockenen Gegenden wieder in feuchte und führt erst hier seine transportierende Tätigkeit zu Ende. Glaziale,

1) Vergl. *Penck*, Klimaklassifikation auf physiogeographischer Grundlage. Sitz.-Ber. d. Berliner Akademie, phys.-math. Kl. 1910 S. 236ff., und meine Besprechung, Geogr. Zeitschr. 1910 S. 645.

fluviatile und subaërische oder besser pluvial-äolische Bodengestaltung einerseits und Firnklima, feuchtes Klima und trockenes Klima andererseits fallen daher keineswegs, wie man oft meint, zusammen. Ein Gletscher umfaßt Firnklima als Nähr- und feuchtes oder auch trockenes Klima als Zehrgebiet, ein Flußgebiet kann ein feuchtes Nähr- und ein trockenes Zehrgebiet umfassen, der Windtransport umfaßt Wüste als Nähr- und feuchtes oder doch periodisch feuchtes Land als Aufnahmegebiet.

Bei jeder der drei Formen der Bewegung vollziehen sich die Vorgänge der Abtragung, des Transportes und der Ablagerung in verschiedener Weise; gerade darauf beruht ja die große morphologische Bedeutung ihrer Unterscheidung. Allgemein, d. h. für alle drei Formen, gilt aber, daß zwar Abtragung und Ablagerung überall zusammen vorkommen, daß aber Gebieten überwiegender Abtragung Gebiete überwiegender Ablagerung gegenüberstehen, während Strecken des Gleichgewichtes zwischen beiden eher Ausnahmen sind und kaum als besonderer Typus aufgestellt zu werden brauchen.

1. Die Gebiete glazialer Umlagerung.

Gletscher sind an ewigen Schnee und Firn geknüpft, und diese sind in erster Linie durch das Klima, in zweiter durch die orographischen Verhältnisse bedingt. Ihr Auftreten und ihre Ausdehnung hängen vom Klimatypus und innerhalb jedes Klimatypus von der Abstufung nach geographischer Breite und Meereshöhe und von der Exposition gegen Sonne und Wind ab. Namentlich bei den großen Gletschern kommt auch die Bodengestaltung zur Geltung, da sie die Größe der Einzugsgebiete sowie das Gefälle, die Schnelligkeit der Bewegung und die Zeit bestimmt, die der Gletscher braucht, um in wärmere Regionen zu gelangen.

Gletscher können sich schon weit oberhalb der Grenze des ewigen Schnees ausbilden; solange sie darüber bleiben, vergrößern sie sich durch Zuwachs von Schnee, befinden sie sich also in ihrem Nährgebiet. Unterhalb der Schneegrenze verlieren sie durch Abschmelzung und Verdunstung im Sommer mehr Schnee, als sie durch den Schneefall im Winter gewinnen, sie werden allmählich kleiner, befinden sich im Zehrgebiet. Wie lange es dauert, bis sie ganz aufgezehrt sind, wie weit unter die Schneegrenze sie sich hinabsenken, mit anderen Worten, der Höhenunterschied zwischen Schneegrenze und Gletscherende oder die senkrechte Entwickelung der Gletscher

hängt von ihrer Masse und auch von ihrem Gefälle ab. Die Meereshöhe der Gletscherenden ergibt sich aus der Meereshöhe der Schneegrenze und aus der senkrechten Entwickelung der Gletscher. Auch sie steigt im allgemeinen von den Polen zum Äquator, nicht nur, weil die Schneegrenze sich höher erhebt, sondern auch weil infolgedessen immer kleinere Teile der Gebirge über die Schneegrenze aufragen, so daß sich nur noch kleinere Gletscher ausbilden können. In der eigentlichen Arktis und Antarktis und auch in feuchten Klimaten subpolarer Breiten, wo firnreiche Kettengebirge in der Nähe des Meeres aufsteigen, werden sich viele Gletscher bis zum Meere herabsenken und in diesem kalben. In mittleren und niederen Breiten, aber auch in höheren Breiten, bei mäßiger Höhe der Gebirge, enden die Gletscher auf dem Lande durch Abschmelzen; ihrem unteren Ende entfließen Schmelzwässer, deren Lauf schon unter dem Gletscher beginnt. Die glaziale Bodengestaltung geht in die fluviatile über.

Man kann drei Haupttypen der Entwickelung von Firn und Gletschern unterscheiden. Die kleinen Firnflecken, die sich ungefähr in der Höhe der Schneegrenze in den oberen Talenden ausbilden und nur mit ganz kleinen Gletschern verbunden sind, sind auf die Kämme und Gipfel beschränkt und bewirken nur eine Abänderung der fluviatilen Landschaft. Die großen Firnfelder, die auf Plateauflächen oder in den Trichtern und Mulden der Quellgebiete liegen, und an die sich je nachdem herabhängende Plateaugletscher oder Talgletscher anschließen, können ganz im Gebirge bleiben oder sich in das Vorland erstrecken. Inlandeismassen, die sich von jenen nicht nur durch ihre Größe, sondern auch dadurch unterscheiden, daß die senkrechte Komponente der Bewegung ganz gegenüber der wagrechten zurücktritt, überdecken ganze Länder. Gemeinsam ist allen Gletschern, im Vergleich mit den Flüssen, die Langsamkeit der Bewegung und die große Mächtigkeit.

Die Vorgänge der glazialen Abtragung und Ablagerung sind noch keineswegs geklärt; sind sie ja doch in viel höherem Grade als bei den Flüssen unter den Gletschern verborgen und bieten sich der unmittelbaren Beobachtung nur auf den verlassenen Böden der früheren Vergletscherung dar! Ähnlich wie bei den Flüssen — aber wir wissen noch nicht, unter welchen Bedingungen — scheinen Abtragung und Ablagerung mit einander verbunden zu sein und mit einander zu wechseln, im ganzen aber die Abtragung im oberen und inneren, die Ablagerung im unteren und äußeren Teile zu über-

wiegen. Dieser Gegensatz steht wohl in einem gewissen Zusammenhange mit dem Gegensatze von Nähr- und Zehrgebiet, da die Fähigkeit der Abtragung und des Transportes mit der Größe der Gletscher abnehmen muß; aber die Grenze zwischen der überwiegenden Abtragung und der überwiegenden Ablagerung wird kaum gerade mit der Grenze zwischen Nähr- und Zehrgebiet zusammenfallen. Vermutlich wird es einmal möglich sein, entsprechend dem Gleichgewichtsprofile der Flußarbeit auch ein Gleichgewichtsprofil der Gletscherarbeit zu konstruieren und daraus die Vorgänge der Abtragung und Ablagerung abzuleiten; aber bisher haben wir noch kaum Ansätze zu einer solchen Konstruktion. Der größeren Mächtigkeit der Gletscher entsprechend haben die Gletscherbetten viel größere Ausmaße als die Flußbetten — denn nur mit diesen, nicht mit den Tälern, kann man sie, wie *Penck* stark betont, genetisch vergleichen —; der Verwitterung und Denudation bleibt daher in den Gletschertälern viel geringerer Spielraum als in den Flußtälern.

Die Formen der glazialen Abtragung sind je nach der Form der Gletscher verschieden. Im Bereiche der Firnflecken und der damit verbundenen kleineren Gletscher und Halbgletscher bilden sich die Kare aus, den Talgletschern entspricht die glaziale Umbildung der Täler, den Plateaugletschern und dem Inlandeise die glaziale Umbildung von Hochflächen und Tiefländern. Über die Art und den Grad der glazialen Erosion oder Abtragung gehen die Meinungen noch weit aus einander. Während die einen den Gletschern und insbesondere den großen Talgletschern nur die Fähigkeit einer Ausrundung der Talböden und Abhobelung und Glättung der Talwände zugestehen, schreiben ihnen andere, an ihrer Spitze *Penck*, die Fähigkeit der weiteren Eintiefung (Tiefenerosion), die gegenüber dem Einschneiden der Flüsse eine Übertiefung ist, und im Zusammenhange damit die Fähigkeit zur Bildung von Becken (oder Wannen) und Felsriegeln zu, und bringen mit dieser Übertiefung auch die Bildung der in Glaziallandschaften so häufigen Hängetäler in Zusammenhang. Es ist noch nicht möglich, die Formen der Glazialerosion deduktiv abzuleiten; auch *Davis* ist an diese Aufgabe nur zaghaft herangegangen.

Die eigentlichen Gebilde der glazialen Ablagerung sind die Moränen: Oberflächen- und Endmoränen. An sie schließen sich die unter dem Gletscher oder an seinem Rande gebildeten Ablagerungen der Schmelzwässer, die Åsar, Drumlins, Schotterflächen usw., an.

Bei den kleinen Kargletschern erstrecken sie sich nur wenig an den Berghängen hinab; bei den Talgletschern liegen sie im Tal oder auch vor dem Rande des Gebirges; in den großen Inlandeisgebieten überdecken sie ganze Flachländer, die nicht tiefer als die Gebiete der Abtragung zu liegen brauchen, sondern äußere, d. h. in niederen Breiten gelegene, Gürtel bilden. Wenn der Gletscher ins Meer mündet, kommt es zu keiner glazialen Ablagerung, da der glaziale Schutt sofort von den Wellen ergriffen und umgelagert wird.

Für die Gestalt und Beschaffenheit der Erdoberfläche kommt es nicht nur auf die Schneegrenze und die Gletscher der Gegenwart, sondern, wie wir im vorigen Aufsatze ausführlich besprochen haben, auch, ja in weit höherem Grade, auf die Schneegrenze und die Ausdehnung der Gletscher in der Eiszeit an; denn die in den Eiszeiten oder wenigstens in der letzten Eiszeit geschaffenen Formen und Ablagerungen sind seitdem nicht oder nur in geringem Maße zerstört worden, sind vielmehr großenteils noch vorhanden und verleihen der Landschaft ihr eigentümliches Gepräge. Die Oberflächenformen und die Bodenbeschaffenheit ganz Nord-Europas und auch des Nordteils von Nordamerika werden durch die Abtragung und Ablagerung des Inlandeises der Eiszeit bestimmt, und auch in den Gebirgsländern mittlerer und niederer Breiten reicht der glaziale Formenschatz viel tiefer herab als die heutigen Gletscher. Die in der Eiszeit geschaffenen glazialen Formen und Bodenarten treffen mit fluviatilen Formen und Bodenarten der Gegenwart zusammen, und es entstehen dadurch Übergangslandschaften. Die Fels- und Moränenlandschaften der letzten Eiszeit pflegen noch ziemlich unversehrt, die der früheren Eiszeiten dagegen stark verwaschen zu sein; diese verraten nur noch im Material, nicht mehr in den Formen den glazialen Ursprung.

2. Tallandschaften und Flußebenen.

Wo sich die Gletscher der Eiszeit nicht in das Meer erstreckt, sondern durch Abschmelzen auf der Landoberfläche geendigt haben, treten wir aus der Glaziallandschaft in die fluviatile Landschaft ein. In niederen Breiten und in trockenen Klimaten erfolgt dieser Übergang schon in großer Meereshöhe. Wo das Land nicht bis zur Grenze des ewigen Schnees aufragt, also in höheren Breiten nur im Hügelland, in mittleren und niederen dagegen auch in hohen Gebirgen, ist das ganze Land fluviatil ausgebildet. Erst wenn wir in Trockengebiete kommen, in denen die Größe der Verdunstung zu allen Jahres-

zeiten die Regenmenge übertrifft, verlassen wir die Flußlandschaften wieder.

Die Wasserführung der Flüsse ist sehr verschieden. Die Gletscherflüsse haben ihre größte Wasserführung im Sommer und verkümmern im Winter. In den an die Gebiete des ewigen Schnees angrenzenden Ländern höherer Breiten und in Gebirgshöhen bleibt der Schnee während eines großen Teiles des Jahres liegen, und zugleich sind die Flüsse gefroren, so daß in dieser Zeit kein Abfluß stattfindet; erst im Frühling schmelzen die Schneedecke und das Eis der Flüsse auf und haben die Flüsse ihr Hochwasser, das oft mit Eisgang verbunden ist. In den Gebieten mit Regen zu allen Jahreszeiten, aber ohne Schneedecke, also sowohl im ozeanischen Klima der gemäßigten Zone wie in der Äquatorialzone, führen die Flüsse zu allen Jahreszeiten Wasser, und der Unterschied von Hochwasser und Niedrigwasser ist verhältnismäßig gering. In den Klimaten mit einer Regenzeit und einer ausgesprochenen Trockenzeit, die im Etesienklima in den Sommer, im Klima der äußeren Tropenzone und im Monsunklima in den Winter fällt, können die Flüsse während der Trockenzeit ganz versiegen, haben sie also eine ausgesprochen periodische Wasserführung. In den Steppen des Kontinentalklimas der gemäßigten Zone kann der Abfluß sowohl im kalten Winter wie im trockenen Hochsommer unterbrochen werden. Selbstverständlich müssen diese Unterschiede auf die Arbeitsleistung der Flüsse und auf die Vorgänge der Abtragung und Ablagerung von Einfluß sein; aber wahrscheinlich ist dieser geringer, als man zunächst meinen sollte; denn die Arbeitsleistung der Flüsse und die Gestaltung des Flußbettes scheinen weniger von dem Jahresbetrage der Wasserführung als von der Wassermenge zur Zeit der Hochwasser abzuhängen. Nur wenn die Flüsse zu kurze Zeit fließen, reicht ihre Arbeitskraft nicht aus, um den Flußlauf offen zu halten, vollzieht sich also der Übergang zu den flußlosen Trockenlandschaften.

Wie die Gebiete mit so viel Schnee, daß er während des Sommers nicht weggeschmolzen wird, sondern liegen bleibt, Nährgebiete der Gletscher darstellen, sind alle die Gebiete, in denen der Regenfall den Betrag der Verdunstung wenigstens in einer Jahreszeit übertrifft, Nährgebiete der Flüsse. Solange ein Fluß in einem solchen Lande fließt, nimmt seine Wassermenge durch den Regenfall und durch die Aufnahme von Bächen und Nebenflüssen ständig zu. Wenn sich das feuchte Klima bis an das Meer erstreckt, müssen alle Flüsse

schließlich in dieses münden; denn auch wenn sich Hohlbecken in ihren Lauf einschalten, so werden sie sie ziemlich rasch ausfüllen und wieder einen Abfluß gewinnen. Nur in Karstgebirgen versinken die Flüsse im Boden, und obgleich sie an einer anderen Stelle wieder hervortreten, so ist hier der Abfluß doch nicht unmittelbar; die Karstgebirge nehmen daher eine Zwischenstellung zwischen den Gebieten mit Abfluß und ohne Abfluß zum Meere ein. Man bezeichnet die Flüsse, die das Meer erreichen, mit *Richthofen* als peripherische Flüsse und die von ihnen durchflossenen Landschaften als peripherische Landschaften.

Tritt der Fluß dagegen in ein Trockengebiet ein, in dem die Verdunstung zu allen Jahreszeiten die Regenmenge übertrifft, so nimmt die Wassermenge der Flüsse abwärts nicht mehr zu, sondern ab; die Trockengebiete sind Zehrgebiete der Flüsse. Kleine Flüsse werden dadurch bald ganz aufgezehrt, größere werden geschwächt; es hängt von ihrer Größe und Wasserführung und von der Breite des zu durchquerenden Trockengebietes ab, wie lange sie sich im Kampfe gegen die Trockenheit halten können und ob sie das Meer noch erreichen, wie die Flüsse der peruanischen Westküste, der Colorado, der Nil, oder ob sie schon vorher aufhören. Flüsse, die das Meer nicht erreichen, sondern im Lande versiegen, nennen wir mit *Richthofen* zentrale Flüsse. Wenn alle Flüsse versiegen, so können wir das ganze Gebiet ein Zentralgebiet nennen; wenn dagegen nur die kleineren Flüsse versiegen, die größeren es durchfließen, so sprechen wir besser nur von halbzentralen Gebieten. Zentrale Gebiete sind also keineswegs dasselbe wie Trockengebiete, mit denen sie so oft zusammengeworfen werden, sondern setzen sich aus einem feuchten Nähr- und einem trockenen Zehrgebiet zusammen. Das von der Wolga und ihren Nebenflüssen entwässerte Mittel-Rußland gehört zu einem hydrographischen Zentralgebiete, ist aber durchaus kein Trockengebiet. Es ist auch keineswegs ein abflußloses Gebiet, wie man oft etwas nachlässig sagt, sondern nur ein Gebiet ohne Abfluß zum Meere; entwässert wird es ja.

Die Wasserführung der Flüsse bestimmt die Form und Lage ihres Gleichgewichtsprofiles, das wieder die Richtschnur für den Sinn und die Kraft ihrer Arbeit ist. Ein Fluß, der ganz in einem dauernd oder periodisch feuchten Lande fließt, führt um so mehr Wasser, je weiter abwärts er kommt; sein Gleichgewichtsprofil kann daher abwärts immer flacher werden und wird eine konkave Kurve bilden,

die am Meeresspiegel ansetzt. Wenn ein Fluß dagegen in ein Trockengebiet eintritt und an Wassermenge abnimmt, so vermindert sich seine Transportkraft abwärts, das Gefälle des Gleichgewichtsprofiles muß abwärts steiler werden, es muß vom Eintritt ins Trockengebiet an eine konvexe Kurve bilden. Erreicht er das Meer, d. h. ist er peripherisch, so setzt auch diese konvexe Kurve am Meeresspiegel an, und der Einfluß des Trockenklimas im Unterlaufe auf den in feuchter Landschaft gelegenen Oberlauf besteht hauptsächlich darin, daß hier das Gleichgewichtsprofil höher zu liegen kommt, als es sonst der Fall wäre. Wenn der Fluß dagegen das Meer nicht erreicht, sondern im Lande versiegt, d. h. wenn er zentral ist, so setzt das Gleichgewichtsprofil nicht am Meeresspiegel, sondern in beliebiger Meereshöhe ein, wo eben der Fluß versiegt; und diese Mündung liegt auch nicht fest, sondern kann im Laufe der Zeit durch Aufschüttung höher gelegt werden. Bei Karstflüssen spielt die Stelle des Versinkens dieselbe Rolle wie bei zentralen Flüssen die Stelle des Versiegens.

Für alle Flußarbeit gilt das Gesetz, daß die Flüsse in die Tiefe erodieren und Täler bilden, wo die ursprüngliche Oberfläche über dem Gleichgewichtsprofile liegt, dagegen aufschütten und Flußebenen herstellen, wo die ursprüngliche Oberfläche darunter liegt. Da das Gleichgewichtsprofil rückwärts ansteigt, wird landeinwärts die Erosion schon in größerer Meereshöhe zum Stillstande kommen und statt dessen Aufschüttung eintreten. Da es bei kleinen oder wasserarmen Flüssen steiler ist als bei großen wasserreichen, wird auch die Grenze zwischen Erosion und Aufschüttung bei kleinen Flüssen höher hinaufrücken als bei großen.

Bei peripherischen Flüssen in feuchten Gebieten sind der Abstand vom Meere und eine konkave Form des Gleichgewichtsprofiles maßgebend. Im einzelnen sind verschiedene Fälle denkbar. Wenn das Land bis an die Küste heran hoch ist, so können die Flüsse, auch die kleinsten, überall einschneiden und Tallandschaften erzeugen. Wenn dagegen an die Küste Tiefland stößt, das unter dem Gleichgewichtsprofile liegt, und weiter hinten Hochland aufragt, aus dem die Flüsse Schutt herabführen, so werden sie diesen im Tieflande ablagern. Diese Aufschüttungen reichen gewöhnlich bis in das Meer hinein. Auch wo im Binnenlande, etwa in der Form von Grabenbrüchen, Einsenkungen vorhanden sind, schütten die Flüsse auf, und zwar wird hier die Ablagerung schon in größerer Meereshöhe vor sich gehen können, weil das Gleichgewichtsprofil

dem größeren Abstande vom Meere entsprechend höher liegt. Strecken der Aufschüttung können demnach mit Strecken der Talbildung wechseln. Falls jedoch das ganze Flußgebiet Tiefland ist und überall unter dem Gleichgewichtsprofile liegt, wird überhaupt keine Verschiebung des Flußlaufes in der Senkrechten, also weder Talbildung noch Aufschüttung, erfolgen; denn diese ist nur dann möglich, wenn der Fluß weiter aufwärts erodiert und Schutt mitführt. Auch die Flüsse der Tafelländer müssen eine Zeit lang, nämlich bis die rückläufige Erosion heranrückt, in einem Zustande der Arbeitslosigkeit und des Stillstandes der Erosion verharren.

Auch die Lößlandschaften oder Gebiete des Staubabsatzes gehören zu den peripherischen Flußlandschaften und nicht zu den Trockenlandschaften oder Zentralgebieten (vgl. S. 155); denn der Staub, aus dem der Löß besteht und der aus der Wüste oder der Gletscherschuttlandschaft stammt, wird hauptsächlich durch den Regen niedergeschlagen und bleibt nur in der Grassteppe mit geschlossener Pflanzendecke liegen; diese aber setzt reichliche Niederschläge während einer Jahreszeit voraus und ist darum mit Abfluß verbunden.

Bei peripherischen Flüssen, deren Unterlauf in Trockengebieten liegt, also schwächer als der Oberlauf ist, herrschen im wesentlichen dieselben Arbeitsverhältnisse wie bei gewöhnlichen peripherischen Flüssen, deren ganzer Lauf in feuchtem Gebiete liegt. Der Unterschied besteht nur darin, daß beim steileren Ansteigen des Gleichgewichtsprofiles die Tiefenerosion schon in größerer Höhe zum Stillstande kommt und in gewissen Höhenlagen, in denen in feuchten Ländern Täler gebildet werden würden, aufhört oder durch Aufschüttung ersetzt wird; aber wo das Land einigermaßen hoch aufragt, müssen die aus feuchten Gebieten hereinkommenden Flüsse auch in der trockensten Wüste Täler eingraben, die dann natürlich ausgesprochenen Cañoncharakter haben. Namentlich die nordamerikanischen und südamerikanischen Kordillerenländer liefern hierfür ausgezeichnete Beispiele.

Zentrale Flüsse können zunächst auch erodieren, aber nahe ihrem Ende erlahmt die Transportkraft immer mehr, um schließlich ganz zu ersterben. Sie müssen allen ihren Schutt ablagern und aufschütten. Am größten ist die Aufschüttung beim Austritt aus dem Gebirge in eine Ebene, wenn sich plötzliche Verminderung des Gefälles mit der Verminderung der Wasserführung verbindet. Hier ent-

stehen große Schuttkegel, die in die Ebene hinaus meist flacher werden und aus feinerem Material, Lehm und Ton, bestehen. Man hat sie mit den Deltas der ins Meer mündenden Flüsse verglichen und als Trockendeltas bezeichnet. Die Flüsse fließen hier meist in zahlreiche Arme verteilt, wodurch die Verdunstung noch vermehrt wird, und verlegen oft ihren Lauf. Wo sie in geschlossenen Einsenkungen münden, die tektonisch entstanden oder vielleicht durch den Wind ausgeblasen sind, bilden sie Seen, deren Lage oft sehr veränderlich ist; denn sie werden rasch ausgefüllt, während an anderen Stellen neue Becken entstehen. Im Gegensatze zu allen Ablagerungen in feuchten Gebieten, die nur auf Verminderung des Gefälles beruhen, werden bei Aufschüttungen in zentralen Trockengebieten, die ihre Ursache in der Verdunstung haben, auch die mitgeführten Salze abgesetzt. Da der Boden wegen der Trockenheit kahl ist, weht der Wind die feineren Bestandteile aus, um weiterhin Dünen zu bilden. Die Meereshöhe dieser zentralen Ablagerungsgebiete ist ganz unbestimmt; sie finden sich ebensowohl in Depressionen unter dem Meeresspiegel wie in den größten Meereshöhen. Wohl auch ohne Änderung des Klimas können sie von außen angezapft und in die peripherische Entwässerung einbezogen werden (vgl. o. S. 46).

Allgemeine Veränderungen und Verschiebungen der Umbildung sind in der jüngeren geologischen Vergangenheit in Folge von Klimaänderungen eingetreten. In den höheren Breiten und in den Gebirgen ist die Flußlandschaft in Gebiete vorgedrungen, die in junger geologischer Vergangenheit Glaziallandschaften waren; wie eine genauere Untersuchung uns lehrt, müssen diese Landschaften, und zwar noch weiter gegen die Pole und die Gebirgshöhen hin, auch schon vor der eiszeitlichen Vergletscherung Flußlandschaften gewesen sein, denn in den größten Zügen der Landschaft tragen sie noch heute das Gepräge von umgebildeten Flußlandschaften. Auch gegen die pluvial-äolischen Landschaften bemerken wir Verschiebung der Grenzen; in derselben Zeit, in der die Flußlandschaft vor der Glaziallandschaft zurückwich, scheint sie sich weiter in das Gebiet der heutigen Wüste erstreckt zu haben (s. o. S. 157); in jener entlegeneren Zeit dagegen, in der sie noch größere Ausdehnung nach den Polen und auf die Gebirgshöhen hatte, scheint ihr Gebiet in subtropischen Breiten eingeengt gewesen zu sein (s. o. S. 159). Daraus ergeben sich eine ganze Zahl von Mischtypen, die nur allmählich klar aufgefaßt werden können.

3. Die flußlosen Landschaften.

Ähnlich wie sich bei höherer Wärme und vermindertem Schneefall an die Gletscher und Gletscherlandschaften die Flüsse und Flußlandschaften, so schließen sich bei größerer Trockenheit an diese flußlose Landschaften an, in denen die Abtragung und Ablagerung oder, allgemein gesagt, die Umlagerung den gelegentlichen Regenfluten und dem Winde zufällt. Es sind Wüsten und Halbwüsten, denn nur in ihnen spielen Regengüsse und Winde diese Rolle; aber in vollem Sinne gehören nicht alle Wüsten und Halbwüsten, sondern nur diejenigen Wüsten hierher, die flußlos sind, oder in denen doch nur in großen Abständen Flüsse auftreten, und die wir als selbständige Wüsten bezeichnen können, im Gegensatze zu den unselbständigen, durch ihre Flüsse von feuchten Landschaften abhängige. Selbständig sind im allgemeinen die niedrigen Tafel- und Rumpflandschaften, die weite Flächen einnehmen, während die Wüsten der Kettengebirgslandschaften oder stark gestörten Schollenlandschaften, deren höher aufragende Teile reichliche Niederschläge empfangen und Flüsse ausbilden, unselbständig und je nachdem zertalt oder Aufschüttungsgebiete sind. Die umlagernden Kräfte der Wüste kommen allerdings in jeder Wüste zur Geltung und setzen sofort ein, wo immer das fließende Wasser den Griffel, mit dem es die Landschaft zeichnet, aus der Hand legt.

Zwei Kräfte der Umlagerung kommen für die Gestaltung der Wüste in Betracht: Regenfluten und Winde. Noch gehen die Meinungen über die Wirksamkeit der beiden Kräfte aus einander, aber es scheint sich doch eine Klärung anzubahnen. Die Bedeutung des Windes war lange verkannt worden; nachdem dann *F. v. Richthofen* auf seine große Transportkraft in trockenen Klimaten aufmerksam gemacht und den Löß als einen Staubabsatz des Windes aufgefaßt hatte, hat namentlich *Joh. Walther* seine große Bedeutung für die Bodengestaltung der Wüste betont und damit einen großen Schritt vorwärts in deren Verständnis getan. Aber wenn er mit Trompetenklang die Rolle des Windes verkündete, klang es oft so, als ob er dem fließenden Wasser einen großen Teil seiner Leistungen, namentlich die Bildung der Wadis, absprechen wolle. Es ist erfreulich, daß er jetzt ausdrücklich erklärt, man habe ihn darin mißverstanden. Die Arbeit des fließenden Wassers tritt in den Wadis vieler Teile der Wüste, namentlich in dem überall wiederkehrenden Gegensatze

von Prallhängen und Gleithängen, mit solcher Deutlichkeit entgegen, daß ein morphologisch geschulter Beobachter gar nicht daran zweifeln kann. Wir haben bereits gesehen (S. 158), daß diese Täler kaum den gelegentlichen Regengüssen der Gegenwart zugeschrieben werden können, sondern daß sie auf ein feuchteres Klima der Vergangenheit hinweisen; denn die episodischen oder Eintagsflüsse versiegen oder versickern nach kurzem Laufe. Die Strecken des Einschneidens und der Ablagerung sind kurz, und ihre Lage ist beständigem Wechsel unterworfen.

Über die Art der Tätigkeit des Windes sind *Walther* und *Passarge* verschiedener Ansicht. Singt jener, wie *Passarge* sich ausdrückt, das hohe Lied der Deflation, d. h. der wegblasenden Tätigkeit des Windes, so singt dieser das hohe Lied der Korrasion, d. h. des Sandgebläses. Jenes klingt mir richtiger; nur darf es nicht zu laut angestimmt werden, da der Wind nur einen Teil der Wüstenformen verschuldet. Es darf auch nicht in feuchten Ländern angestimmt werden, wo immer sich Formen finden, die denen der Wüste ähneln, denn durchlässige Gesteine neigen auch in feuchtem Klima zu solchen Formen. Die Abtragung durch den Wind zusammen mit den Regenfluten erzeugt in anstehendem Gestein die Felswüste, die je nach dem inneren Bau Gebirgswüste oder tafelförmige Hammada ist. Die Ablagerung durch die Regenfluten erzeugt Schotter- und Tonwüste. Die Ablagerung durch den Wind erzeugt innerhalb der Wüste die Sandwüste. Dagegen wird der Staub aus der Wüste herausgeweht und kommt erst in den benachbarten Grassteppen, also in Flußlandschaften, zur Ablagerung. Damit schließt sich gewissermaßen der Kreis der umlagernden Vorgänge; denn wie die Gletscher Material aus den Firnlandschaften in feuchte Landschaften, die Flüsse aus diesen in trockene Landschaften führen, so der Wind aus trockenen wieder in feuchte oder doch periodisch-feuchte.

Systeme der Umlagerung und ihre Beziehung zu den Klimaten.

I. Gebiete glazialer Umlagerung:
   1. Gletscher münden ins Meer und kalben.
   2. Gletscher schmelzen und setzen sich in Flüssen fort, die ins Meer münden.
   3. Gletscher schmelzen und verdunsten im Trockengebiet.

II. Gebiete fluviatiler Umlagerung:
   4. Flüsse fließen mit zunehmender Wassermenge ins Meer und sind peripherisch; Gleichgewichtsprofil konkav.

5. Flüsse durchfließen Trockengebiete und verlieren daher Wasser, bleiben aber peripherisch; Gleichgewichtsprofil im unteren Teile konvex.
6. Flüsse endigen durch Versiegen im Binnenland, sind zentral; Gleichgewichtsprofil in beliebiger Höhe, im unteren Teile konvex.

III. Gebiete pluvial-äolischer Umlagerung:

7. Eintagsflüsse von kurzem Lauf; große Rolle des Windes.

	Glaziale Umlagerung			Fluviatile Umlagerung			Pluvial-äolische Umlagerung
	1	2	3	4	5	6	7
Firngebiete	gl	gl	gl	—	—	—	—
Feuchtes Klima. . .	—	fl	(fl)	fl	fl	fl	—
Trockenes Klima . .	—	—	z	—	fl	z	pl.-ä.
Meer	p	p	—	p	p	—	—

gl = glazial, durch Gletscher. fl = fluviatil, durch Flüsse. p = peripherisch. z = zentral. pl.-ä. = pluvial-äolisch, durch Regenfluten und Winde.

Die Bodengestaltung der verschiedenen Gebiete.

Bewegungsvorgang	glazial	fluviatil	pluvial-äolisch
Überwiegende Abtragung.	Glaziale Felslandschaft. a) Kämme mit Karen. b) Glazialtäler. c) Glaziale Hoch- und Tiefländer	Tallandschaft.	Felswüste (Gebirgs- und Tafellandswüste).
Überwiegende Ablagerung.	Moränenlandschaft. Fluvioglaziale Schotter und äolisch-glaziale Sande.	Peripherische Flußebene, salzfrei. Zentrale Schotter- und Tonflächen, salzig. Staubsteppen.	Schotter- und Tonwüste. Sandwüste.

XII. Die Küsten.

Wir haben die einzelnen Probleme der Gestaltung der Landoberfläche behandelt, soweit es für unseren Zweck einer grundsätzlichen Auffassung nötig ist; ehe wir uns der letzten zusammenfassenden Betrachtung zuwenden, wird es gut sein, einen Blick auf die Küsten zu werfen, die zwar nicht Landoberfläche im strengen Sinne des Wortes sind, jedoch in so naher Berührung mit ihr stehen, daß man sie nicht ganz bei Seite lassen darf. Ich wende mich ihrer Betrach-

tung um so lieber zu, als man gerade bei ihnen die Entwickelung der morphologischen Betrachtungsweise gut verfolgen kann.

Auch die Auffassung der Küsten ist in der Geographie lange Zeit rein beschreibend gewesen, und zwar zerlegte sie sich, weil die Berührung mit dem Meere der wagrechten Gestaltung besondere Bedeutung verleiht, meist in drei getrennte Betrachtungen: die des Grundrisses oder der wagrechten Gliederung, die des Aufrisses oder der senkrechten Gliederung und die der Beschaffenheit.

Auf die Bedeutung der wagrechten Gliederung braucht nur hingewiesen zu werden. Sie spielt in der Literatur eine große Rolle. Über die Auffassung ihres allgemeinen Charakters hinaus hat man versucht, sie zahlenmäßig scharf zu fassen, und man hat diese Küstenmessungen sogar zu einer besonderen wissenschaftlichen Disziplin der Paralometrie gemacht. Ich glaube, daß von ihr dasselbe wie von der Orometrie (s. Anhang IV) gilt, daß viel Arbeit verschwendet und wenig dabei herausgekommen ist. Die Begriffe der Küstenlänge und Küstengliederung sind viel zu unbestimmt, als daß sie sich zahlenmäßiger Auswertung unterwerfen ließen; die Zahl sagt uns nicht mehr als der einfache Anblick der Karte; nicht die Durchschnitts-, sondern die Einzelwerte haben Bedeutung.

Für den Aufriß der Küsten hat man sich lange mit der Unterscheidung in Flachküsten und Steilküsten begnügt. *Richthofen* hat die wichtige Form der Steilküsten mit vorliegenden Strandplatten hinzugefügt. Seit der Zunahme von Tiefenmessungen ist man mehr und mehr dazu übergegangen, den Aufriß auch unter den Meeresspiegel zu verfolgen.

Für die Beschaffenheit der Küsten kommt es auf die Unterscheidung von Fels und lockerem Material oder besser — aber das führt schon in die genetische Betrachtung hinüber — des festländischen Gesteins, das ja auch lockerer Boden sein kann, wie etwa der Geschiebelehm Nord-Deutschlands, und der der Küste eigentümlichen Anschwemmungen.

Die isolierende Betrachtung der Eigenschaften vermittelt zwar manche wertvolle Erkenntnis, bleibt aber im Grunde unbefriedigend. Die Küsten, wie die Oberflächenformen überhaupt, sind doch nicht nur das Substrat von Eigenschaften, die nichts mit einander zu tun haben, sondern einheitliche Gebilde. Jedes Küstenstück kann und muß man in der Gesamtheit seiner Eigenschaften als Individuum betrachten, und Küstenstücke mit ähnlicher Gesamtheit der Eigenschaften kann

und muß man unter einem Gattungsbegriffe zusammenfassen. Eine solche einheitliche Auffassung der Küsten hat sich früh herausgebildet und sprachlichen Ausdruck gewonnen, ohne daß man das im einzelnen verfolgen könnte. Diese Unterscheidungen und Benennungen entstammen dem Volke und haben sich von hier aus in der Wissenschaft eingebürgert. Das bekannteste Beispiel hierfür ist der Fjordbegriff, den man von Norwegen auf ähnliche Küsten übertragen hat. In den verschiedenen Teilen der deutschen Ostseeküsten bezeichnet man die Buchten als Förden, Bodden oder Haffe, und da diese Buchten verschieden von einander sind, bezeichnet man mit diesen Ausdrücken eben die Verschiedenheit der Ausbildung. Die Buchten der spanischen Nordküste heißen Rias; als *Richthofen* ähnliche Buchten an der südchinesischen Küste kennen lernte, wandte er auch auf sie und überhaupt auf ähnlich gestaltete Buchten den Namen Ria an. So fand allmählich eine große Reihe von Buchttypen Eingang in den volkstümlichen und wissenschaftlichen Sprachgebrauch. Da die Buchten aber meist gesellig auftreten, alle Buchten an einer Küste ähnlichen Typus zeigen, konnte man die typische Auffassung von einzelnen Buchten auf den Gesamtcharakter der Küsten übertragen, also von Fjordküsten, Boddenküsten, Riasküsten usw. sprechen, und daraufhin konnte *Richthofen* den Versuch machen[1]), eine Tafel von Küstentypen aufzustellen. Fast um dieselbe Zeit legte auch *F. G. Hahn* seinen verkehrsgeographischen Betrachtungen[2]) eine Reihe von Küstenformen zu Grunde, die er zwar anders, nach dem Lande ihres besonders charakteristischen Vorkommens, benannte, die aber sachlich ungefähr auf dasselbe hinauslaufen. Diese Küstentypen sind zunächst rein beschreibend; aber da sie auf die Gesamtheit der Eigenschaften begründet sind, stellen sie nicht mehr eine künstliche, sondern eine natürliche Einteilung dar und können die Grundlage und den Ausgangspunkt genetischer Auffassung und Klassifikation bilden.

Inzwischen hatte auch das Studium der Vorgänge an Küsten Fortschritte gemacht. Lange war es aber ganz selbständig neben dem Studium der Küstenformen einhergegangen; während dieses Sache der Geographie war, lag jenes in den Händen der Geologie, die sich, besonders in dem meerumflossenen England, mit Eifer der

1) Führer für Forschungsreisende, Berlin 1886, S. 304 ff.
2) Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie Bd. V, 1885, S. 245 ff.

Untersuchung der Küstenzerstörung zuwandte, und auch der Wasserbaukunst, die sich aus praktischen Gründen damit beschäftigen mußte und das Verständnis mancher Erscheinungen wesentlich förderte. Die Erkenntnis der Kräfte und Vorgänge war natürlich die unumgängliche Voraussetzung für die genetische Auffassung.

Von großer Bedeutung waren auch alle Beobachtungen und Untersuchungen über die säkularen Hebungen und Senkungen oder, neutral ausgedrückt, Strandverschiebungen. Nachdem man solche schon im 18. Jahrhundert an den skandinavischen Küsten beobachtet hatte, hatte man sie auch an anderen Küsten erkannt; aber ihre Untersuchung ließ oft die nötige Kritik vermissen, und die Karten der Hebungen und Senkungen haben vielleicht mehr Verwirrung angerichtet als wissenschaftlichen Nutzen gestiftet. Erst nachdem *Eduard Sueß* durch seine umfassende Kritik reinen Tisch gemacht hat und die Angaben über Hebungen und Senkungen kritischer geworden sind, können sie bei der Betrachtung der Küstenformen ohne Bedenken eingeführt werden.

Die Erklärung der Küstenformen hat natürlich, ebenso wie die der Landformen, mit vagen Spekulationen begonnen. Eine der ältesten wirklich wissenschaftlichen Untersuchungen über Küstenformen ist die des amerikanischen Naturforschers *Dana* über die Fjorde[1]), die ja im wesentlichen schon das Richtige trifft. In die deutsche Literatur hat *Peschel* die genetische Betrachtung der Küsten mit seinem Aufsatze über die Fjorde eingeführt, der allerdings sachlich gegenüber dem ihm nicht bekannten Aufsatze von *Dana* einen Rückschritt bedeutete, da er viel mehr mit Spalten arbeitete und zwar die klimatische Begrenzung der Fjorde, aber nicht deren Begründung in der Verbreitung der alten Vergletscherung erkannte. Einen ähnlichen Weg schlug seine Studie über die Deltas ein (ungefähr gleichzeitig waren auch die Betrachtungen von *Elisée Reclus* in seinem Werke *La terre*), die den Anstoß zu einer sehr viel gründlicheren, aber doch auch ganz auf vergleichendem Karten- und Literaturstudium beruhenden Untersuchung *R. Credners* gab. Die schöne Studie des Baseler Anatomen *Rütimeyer* über die Küsten der Bretagne hat zwar ein falsches sachliches Ergebnis gehabt, hat aber, ebenso wie früher seine Untersuchungen über Tal- und Seebildung, das Verdienst, die unmittelbare Beobachtung zur Geltung

1) *Wilkes Exploring Expedition,* Geology, 1849.

gebracht zu haben. So wuchsen die Beobachtungen allmählich an, so schärfte sich der wissenschaftliche Blick, und *Richthofen* konnte daher seinen Küstentypen meist schon genetische Bedeutung beilegen.

Er konnte auch schon den Ansatz zu einer eigentlich genetischen Klassifikation aufstellen, indem er zwei Hauptklassen von Küsten unterschied, nämlich solche, die auf dem Eingriffe des Meeres in die Täler, und solche, die auf dem Ansatze von Schwemmland an der Küste beruhen. Auf diesem Wege ist man weiter gegangen. Ich hebe namentlich *Philippsons* Studien über die Typen der Küstenformen, insbesondere der Schwemmlandküsten[1]), hervor, an deren Schlusse er eine genetische Tafel der Schwemmlandküsten aufstellt und namentlich die potamogene und die thalassogene Schwemmlandküste unterscheidet. Bei einer Reise im Herbst 1898 wurde mir das genetische Verhältnis der normannischen und bretonischen Küsten klar, die in ihrer wagrechten Gliederung so ganz verschieden, in ihrem Aufrisse aber ähnlich und auch genetisch verwandt sind. Beide verdanken ihre Bildung dem Angriffe des Meeres bei Senkung des Landes; aber während der Angriff in der weichen Kreide der Normandie rasch und ziemlich gleichmäßig fortschreitet und es daher kaum zur Bildung von Buchten kommt, bleibt er in dem harten Material der Bretagne hinter dem Untertauchen des Landes zurück; vorn nagt die Brandung wütend an den Klippen, daneben aber sind die Flußtäler in tief eingreifende Meeresbuchten verwandelt worden. Man kann dem entsprechend ganz allgemein glatte Felsküsten, an denen der Angriff über den Eingriff überwiegt, und Buchtenküsten unterscheiden, in denen der Angriff zwar gleichfalls stark ist, aber vom Eingriffe des Meeres ins Land überflügelt wird. Je nach der vorangegangenen Gestaltung wird die Küstenform verschieden ausfallen. Beispielsweise sind die Fjordküsten der Typus einer glazial umgestalteten Gebirgs- oder Tafellandsküste, die Riasküsten, die man eine Zeit lang mit jenen zusammengeworfen hatte, der Typus einer nicht glazial umgestalteten, sondern rein fluviatilen Küste, an der die Quertäler überwiegen. So kommt man allmählich so weit, daß man die Küstentypen aus ihren Bedingungen, nämlich aus dem Bau und der Gestalt des Landes, dem Vorhandensein von Hebung oder Senkung, der von der Lage abhängigen Stärke der Gezeiten,

1) Richthofen-Festschrift 1893 S. 1 ff.

Brandung, Küstenströmungen usw. deduktiv ableiten kann; aber diese deduktive Ableitung wird nur dann in ihrer Richtigkeit verbürgt sein und wissenschaftlichen Wert haben, wenn sie Schritt vor Schritt an den Tatsachen geprüft wird.

Unter den Tatsachen, die die Form der Küste bestimmen, spielt auch ihr Alter eine Rolle, d. h. die Zeit, während deren sie ähnlichen Vorgängen der Umbildung ausgesetzt ist; so hat *Philippson* darauf oder, genauer gesagt, auf die Entwicklungsstufe Rücksicht genommen, wenn er zwischen unvollendeten und vollendeten potamogenen Schwemmlandküsten unterschied. Die *Davis*sche Schule hat auch hier das Alter in den Vordergrund gerückt. Den ersten Versuch einer solchen Klassifikation hat *Gulliver* 1899 gemacht; aber dieser Versuch, der mir unerträglich vorkommt, scheint auch in der eigenen Schule keinen Anklang gefunden zu haben. Später haben *Davis* selbst, *Braun* u. a. ein deduktiv abgeleitetes Schema der Küsten auf Grund des Alters entworfen. Ich führe nur ein Beispiel an. Während uns die verschiedene Ausbildung der normannischen und der bretonischen Küste als die Folge der verschiedenen Widerständigkeit des Gesteins bei ungefährer Gleichheit des Senkungsvorganges und der Stärke der Brandung usw. erscheint, fassen jene die glatten Klippenküsten als ein vorgerücktes Entwickelungsstadium der Felsbuchtküsten auf. Diese Auffassung hätte jedoch nur dann Sinn, wenn man nachweisen könnte oder wenn es wenigstens wahrscheinlich wäre, daß auch die normannische Küste einmal eine Felsbuchtküste gewesen ist und diese Form erst im Fortgange der Zerstörung verloren hat. Das ist aber zum mindesten unwahrscheinlich. Eine aus weichem Gestein wie die Kreide zusammengesetzte und dabei wenig zertalte Tafellandsküste wird nie eine Buchtküste gewesen sein. Die beiden Küstentypen folgen nicht auf einander, sondern entstehen gleichzeitig neben einander, weil die Bedingungen der Bildung verschieden sind.

So versagt die *Davis*sche Auffassung von den Entwickelungsstufen auch bei ihrer Anwendung auf die Küsten. Viele einzelne Beobachtungen und Bemerkungen sind wohl brauchbar; aber sie müssen immer erst aus ihren Gedankengängen herausgelöst und anderen Gedankengängen untergeordnet werden. Die Theorie ist auch hier ein Holzweg, auf dem man umkehren muß.

Die Betrachtung der Küsten stand früher in den länderkundlichen Darstellungen ganz isoliert und wurde, wohl aus dem äußeren

Grunde, daß der Reisende vom Meere aus zuerst an die Küste des fremden Landes kommt, ohne Rücksicht auf ihre Begründung in der ganzen Natur des Landes an die Spitze gestellt. Durch die genetische Auffassung wird sie in enge Verbindung mit der Betrachtung der Formen des Binnenlandes gebracht. Die Gesamtform der Küste muß, wie *Richthofen* es ausdrückt, an die Plastik der Kontinente, d. h. an die großen Züge des inneren Baus, angeknüpft werden; ihre Einzelgliederung, wenigstens die der Angriffs- und Eingriffsküsten, die auf dem Untertauchen des Landes beruhen, läßt sich nur aus der Einzelgliederung des Festlandes heraus verstehen. Ebenso wie der Bau des Landes spiegelt sich auch die verschiedene Art der oberflächlichen Umbildung, die fluviatile, glaziale oder pluvial-äolische Bodengestaltung in der Form der Küsten wieder.

XIII. Die Theorien über die Entstehung der Landoberfläche.

In allen Wissenschaften, die sich nicht mit bloßer Beschreibung oder doch nur gelegentlicher Erklärung der Tatsachen begnügen, sondern auf umfassende Erklärung und ursächliche Verknüpfung des ganzen Tatsachenbestandes ausgehen, spielen Hypothesen und in deren wissenschaftlicher Fortbildung Theorien eine große Rolle. Gelegentlich können wir den ursächlichen Zusammenhang der Erscheinungen in einem Vorgange so unmittelbar verfolgen, daß darüber wenig Zweifel bleibt; meist aber müssen wir ihn durch Gedankenarbeit herstellen. Wir gehen dabei von einer hypothetisch gesetzten allgemeinen Vorstellung über den Zusammenhang der Dinge aus, die wir dann an den Tatsachen erproben. Wenn sich die Vermutung bewährt, so wächst sie sich zu einer Theorie aus. Als Beispiel brauche ich nur an die physikalischen und chemischen Theorien oder die Deszendenztheorie oder die Theorie des Egoismus oder die neuere Grenzwerttheorie in der Nationalökonomie oder die materialistische Geschichtstheorie zu erinnern, die jede ein ganzes Gebiet von Erscheinungen mit größerem oder geringerem Erfolg zu erklären versuchen. Auch die Morphologie muß sich, sobald sie sich nicht mit der Beschreibung begnügt, sondern die Formen der Erdoberfläche erklären und in ihrer Verteilung und ihrem Zusammenhang verstehen will, von allgemeinen theoretischen Vorstellungen über

deren Entstehung leiten lassen und kann ohne Theorie nicht auskommen.[1])

Soweit der naive Mensch überhaupt über die Formen der Erdoberfläche nachdenkt, was ja nur ausnahmsweise der Fall ist, wenn ihm besonders auffallende Formen entgegen treten, so denkt er an gewaltsame Ereignisse, seien es große Fluten, seien es vulkanische Ausbrüche und Erdbeben. Die aufkeimende Wissenschaft spannt zwar den Rahmen der Betrachtung weiter, sieht in der Gesamtheit der Erdoberfläche ein Problem und stellt umfassende Erklärungsversuche auf; aber die Art der Lösungsversuche ist im wesentlichen noch die gleiche. Die neptunistische Theorie arbeitete mit großen Wasserfluten, die plutonistische mit Reaktionen des Erdinneren, die sich nicht nur in Vulkanen, Erdbeben und Hebung der Gebirge, sondern auch in der Bildung klaffender Spalten, der Täler, äußern sollten; aber beide stimmten darin überein, daß sie sich die Ereignisse gewaltsam, als Katastrophen oder Revolutionen dachten, die ganze Schöpfungen vernichten und den Raum für neue Schöpfungen frei machen. Diese Entwickelungsstufe der Wissenschaft ist, weil sie mit Kräften und Vorgängen arbeitet, die außerhalb der Erfahrung liegen und auch unwirklich sind, eigentlich nur als eine Vorgeschichte der Wissenschaft anzusehen.

Die eigentliche Wissenschaft der Morphologie begann erst, als man an die Stelle der Revolutionen die allmähliche Entwickelung oder Evolution setzte, die nicht in unbekannten gewaltigen Naturereignissen, sondern in der Summierung der Wirkungen der vor unseren Augen erfolgenden alltäglichen Vorgänge besteht. Vorläufer dieser aktualistischen Auffassung sind die beiden Franzosen *Guettard* und *Desmarest*, die beiden Schotten *Hutton* und *Playfair* und die beiden Thüringer *Heim* und *v. Hoff;* aber zu allgemeiner Geltung ist sie erst durch *Charles Lyell* gekommen, der darum auch für die Morphologie große Bedeutung hat, wenngleich er im einzelnen durch übertriebene Betonung der Meereswirkungen und Unterschätzung der Talbildung hemmend gewirkt hat. Nur auf dem Boden des Aktualismus und der Entwickelungstheorie an Stelle der Katastrophentheorie sind wirklich wissenschaftliche Auffassungen und Theorien möglich.

1) *Davis* und seine Schüler sprechen fälschlich statt von Theorie von Methode (Methode von Struktur, Vorgang und Alter), da doch Methode vielmehr den Weg der Forschung (z. B. Induktion oder Deduktion) bezeichnet.

Innerhalb dieses wissenschaftlichen Werdeganges der Morphologie kann man drei Etappen unterscheiden.

Auf der ersten schließt sich die Auffassung der festen Erdoberfläche an den alten Plutonismus an: die Erdoberfläche wird in der Hauptsache durch Kräfte des Erdinneren geschaffen, die Umbildung durch das Wasser oder überhaupt durch die Kräfte der Erdoberfläche tritt dahinter zurück. Die Wirksamkeit des Erdinneren denkt man sich lange Zeit hindurch noch fast ausschließlich als ein Aufdringen glutflüssigen Magmas, das teils in vulkanischen Ausbrüchen an die Oberfläche tritt, teils gegen die feste Erdrinde stößt und sie hebt und bei Seite schiebt. Die Theorien der Gebirgsbildung werden bis in die 60er Jahre durchaus von dieser Vorstellung beherrscht. An den Küsten arbeitet das Meer, und auch im Binnenlande sucht man Meereswirkungen; nur hie und da einmal wagt sich ein Versuch hervor, die Tätigkeit des fließenden Wassers zu würdigen und die Entstehung der Täler aus ihr zu erklären, während die meisten in ihnen Hebungsspalten sehen. Als Kräfte des Binnenlandes kennt man nur die Verwitterung und die Abtragung im kleinen; sie erzeugen die Kleinformen und den Erdboden.

In den 60er und 70er Jahren, in der englischen Geologie schon etwas früher, vollzieht sich ungefähr gleichzeitig ein Wechsel der tektonischen Auffassung und ein Wechsel in der Würdigung der oberflächlichen Kräfte; als gemeinsame Ursache dieses Wandels wird man wohl die eindringendere Naturbeobachtung und die allmähliche Ansammlung des Beobachtungsmaterials ansehen dürfen. Die aktive Rolle des glutflüssigen Magmas wurde im ganzen auf die vulkanischen Ausbrüche beschränkt, die Gebirgsbildung vielmehr auf allgemeinere Vorgänge der Erdkruste zurückgeführt, von denen auch die krystallinischen Gesteine betroffen werden; man unterschied zwischen Faltungs- und Verwerfungsgebieten und eröffnete damit die Bahn für die wissenschaftliche Analyse des inneren Baus der festen Erdrinde. Mit Spalten durfte man nur noch rechnen, wo man sie beobachtete; als reine Hilfskonstruktion für die Entstehung der Täler hatten sie ihre Rolle ausgespielt. Von der anderen Seite her führte die Beobachtung der Flüsse und der starken Wirkungen des fließenden Wassers in lockerem Material darauf, den Flüssen selbst größere Wirksamkeit zuzuschreiben, und die Beobachtung hoch liegender Talterrassen, die man als alte Talböden deutete, lieferte den Nachweis für die Erosionsnatur der Täler. Auf sie blieb jedoch,

von den Kleinformen abgesehen, die oberflächliche Umbildung beschränkt; die Oberfläche der Tafel- und Plateauländer galt als ursprüngliche Oberfläche, und auch bei Gebirgskämmen nahm man nur Gliederung im einzelnen, aber keine allgemeine Abtragung und Erniedrigung an.

Aber nachdem durch die Erkenntnis der Erosionsnatur der Täler die Bahn für die Würdigung der Vorgänge der oberflächlichen Umbildung gebrochen worden war, konnte es nicht ausbleiben, daß man in deren Erkenntnis immer weiter vordrang und auch die Wirkung der Abtragung über die Fläche und die weitgehende Abtragung und Abänderung der ganzen Gebirgskörper erkannte. Die Aufnahme geologischer Profile zeigte, daß sich Kämme finden, wo der synklinale Bau eher ein Tal, und umgekehrt Täler, wo der antiklinale Bau einen Kamm erwarten ließe. Wohl scheute man vielfach noch vor der Annahme weitgehender Abtragung, namentlich durch die Kräfte des Festlandes, zurück; aber die wachsende Erfahrung bestätigte diese doch immer mehr und machte sie allmählich zu einem sicheren Ergebnis der Wissenschaft.

Damit parallel ging eine andere wichtige Erkenntnis. Man hatte seit langem die Auflagerung junger lockerer Gebilde über dem festen Gestein, hauptsächlich in Tiefländern, aber auch in Hochländern bemerkt, aber sie allgemein für Meeresablagerungen gehalten. Jetzt lernte man diese Gebilde als Flußablagerungen oder als Ablagerungen des Windes und der versiegenden Flüsse in Gebieten trockenen Klimas oder von Gletschern und Inlandeis, alle drei Gruppen also als festländische Ablagerungen, auffassen. Der gewaltigen Abtragung des Festlandes stellten sich also gewaltige Ablagerungen gegenüber, und die Umbildung des Festlandes durch seine eigenen Kräfte nahm riesige Ausmaße an.

Auch die Tektonik zeitigte in diesen Jahren neue Auffassungen — ich brauche nur an die Deckentheorie der Alpen oder die Erkenntnis allgemeiner Hebungen zu erinnern —, durch die der Morphologie neue Auffassungen und Probleme erwuchsen.

Auf diese Weise haben sich die Grundzüge der morphologischen Theorie geformt, die etwa seit den 80er Jahren unserer Auffassung zu Grunde liegt. Man kann sie als dualistisch bezeichnen. Weder der innere Bau noch die oberflächliche Umbildung sind allein oder auch nur überwiegend maßgebend, vielmehr wirken an jeder Erdstelle beide zusammen, um deren Gestalt zu formen. In Gebieten

überwiegender Abtragung ist die wirkliche Erdoberfläche der Unterschied (die Differenz) zwischen der tektonischen Oberfläche, d. h. der Oberfläche, wie sie sich aus dem inneren Bau allein ergeben würde, auf der einen und der Abtragung auf der anderen Seite, während in Gebieten überwiegender Ablagerung die oberflächlichen Vorgänge addierend wirken, indem sie eine Decke über den inneren Bau und die tektonische Oberfläche legen. Nur muß man sich bei dieser Betrachtungsweise hüten, den inneren Bau und die tektonische Oberfläche ganz auf die Rechnung der inneren oder endogenen Kräfte zu setzen; denn zu ihm gehören auch die Gesteine, die vor den maßgebenden Faltungen oder Verwerfungen im Meere oder auf dem Festlande durch oberflächliche Vorgänge gebildet worden sind und den endogenen Kräften den größeren Teil des Materials liefern, mit dem sie arbeiten. Als oberflächliche Umbildung kann die Morphologie nur die Vorgänge während und nach der Gebirgsbildung auffassen. Allerdings ist diese meist kein einmaliger und einheitlicher Akt, sondern dauert längere Zeit an und zerlegt sich oft in mehrere Akte oder erfolgt auch ganz allmählich; die oberflächlichen Vorgänge, die dazwischen fallen oder gleichzeitig damit vor sich gehen, nehmen auch für die wissenschaftliche Betrachtung eine Zwischenstellung ein, und nur der wissenschaftliche Takt kann über ihre Behandlung entscheiden. Solche Zwischengebilde sind für die Betrachtung unbequem; aber scharfe Grenzen gibt es nun einmal in der Wirklichkeit nicht.

Solange sich die morphologische Untersuchung hauptsächlich in europäischen Ländern und in der gemäßigten Zone bewegte, Unterschiede des Klimas also wenig in Betracht kamen, mußte sie sich auf die Erkenntnis der Gestalt der Oberfläche in ihrer Abhängigkeit vom inneren Bau zuspitzen. Das war ja schon deshalb so, weil sie sich nur allmählich von der rein tektonischen Auffassung frei machte und die oberflächliche Umbildung neben dem inneren Bau zur Geltung zu bringen begann. Innerhalb dieser Auffassung faßte man zuerst nur die Abhängigkeit vom Gestein und den Lagerungsformen im einzelnen auf; erst allmählich wußte man die Abhängigkeit vom inneren Bau im ganzen und von der tektonischen Oberfläche zu würdigen (vergl. Kap. IX). Es braucht hier nicht nochmals erörtert zu werden, wie diese Abhängigkeit im einzelnen aussieht, welche tektonischen Gebilde wir unterscheiden (vergl. Kap. VII und VIII). Für die geographische Auffassung ist das allgemeine Ge-

setz wichtig, daß die Oberflächenformen, insofern sie vom inneren Bau abhängen, in ihrer Anordnung und Verteilung durch die Anordnung und Verteilung der endogenen Kräfte bestimmt werden, deren Regeln ja vorläufig noch so gut wie unbekannt, aber jedenfalls in der Zusammensetzung des Erdinneren begründet sind und mit dem Klima nichts zu tun haben. Das gilt nicht etwa nur oder auch nur vorzugsweise von der Anordnung der Einzelformen in ihrer Abhängigkeit von der Beschaffenheit und Widerständigkeit der Gesteine, sondern auch von der ursprünglichen Anordnung der Flußnetze und demgemäß der Gliederung der Gebirge.

Beim Hinausschreiten der Forschung über die Grenzen Europas und auch schon innerhalb Europas zeigten sich aber auch große Unterschiede in der Art der oberflächlichen Umbildung, die nichts mit dem inneren Bau zu tun haben, vielmehr in Unterschieden des Klimas der Gegenwart oder Vergangenheit begründet sind. Die eigentümlichen Formen der Hoch-Alpen und die Ablagerungen des Alpenfußes und ebenso die Nord-Europas bis weit nach Nord-Deutschland hinein erwiesen sich als Erzeugnisse einer Zeit kälteren Klimas und viel weiterer Ausdehnung des ewigen Schnees und Eises, der sogenannten Eiszeit. Auch im Norden Nordamerikas und in allen Hochgebirgen, auch in den Tropen, fand man diese Gebilde der Eiszeit wieder. Die glaziale Bodengestaltung, wie man abgekürzt sagt, trat daher, im einzelnen sehr verschieden, der gewöhnlichen fluviatilen Bodengestaltung gegenüber und legte sich in bestimmter geographischer Verbreitung neben sie. Auch in Trockenklimaten stellte sich die Bodengestaltung ganz anders dar, als man sie von Europa oder auch dem Osten der Vereinigten Staaten her gewöhnt war. Zuerst lernte man die Cañons des amerikanischen Westens als Gebilde des Trockenklimas auffassen; dann folgte *Richthofens* Lößtheorie und seine Theorie der Aufschüttung in zentralen Gebieten, dann *Walthers* Studien in der ägyptischen Wüste, die namentlich für die Auffassung der Kleinformen und die Würdigung der Abtragung durch den Wind bedeutungsvoll wurden. So erschien auch die Bodengestaltung der Wüste und der Steppe als etwas besonderes mit anderer geographischer Verbreitung. Wieder später lernte man die charakteristischen Unterschiede der Bodengestaltung der Tropen und zwar in verschiedener Weise in den immerfeuchten Tropenländern und in den Ländern mit ausgesprochener Trockenzeit kennen. Auch Gebiete wie die Mittelmeerländer mit ihren trockenen Som-

mern zeigten manche Besonderheiten. Es kommt hier nicht darauf an, die verschiedenen klimatischen Typen der Bodengestaltung vollständig aufzufassen und in eine Tafel zu bringen, sondern nur, den Gesichtspunkt der klimatischen Verteilung und Anordnung nochmals stark zu betonen und auf die Richtlinien der Auffassung hinzudeuten. Denn die Verschiedenheit des Klimas wirkt in verschiedener Weise. Einerseits hängen die großen Vorgänge der Umlagerung vom Klima ab, da teitweise das Eis, teilweise Flüsse mit gleichmäßiger oder mit periodischer Wasserführung, teilweise der Wind zusammen mit Regenfluten die Träger der Bewegung sind (vgl. Kap. XI). Andererseits erzeugt die verschiedene Art der Verwitterung und Abtragung verschiedene Einzelformen und drückt der Physiognomie der Landschaft einen verschiedenen Stempel auf. Diese beiden Arten von Wirkungen fallen räumlich nicht zusammen und müssen daher bei der morphologischen Würdigung eines Gebietes jede für sich betrachtet werden.

Vorgänge der Umbildung gehören, ebenso wie tektonische Vorgänge, allen Perioden der Erdgeschichte an, und die Geologie muß die Vorgänge der älteren Perioden mit demselben Interesse wie die der Gegenwart oder jüngeren Vergangenheit betrachten und mit derselben Sorgfalt untersuchen. In die geographische Betrachtung dagegen treten die Vorgänge der Umbildung, die vor der entscheidenden Gebirgsbildung liegen, nicht als solche, sondern nur in ihren Ergebnissen ein. Alte Landformen, z. B. alte Rumpfflächen, werden von ihr ebenso wie alte Ablagerungen als Tatsachen hingenommen. Man hat dafür den Ausdruck erloschene oder auch fossile Landschaften und Oberflächenformen gebraucht, der das Verhältnis gut ausdrückt. Aber auch in der jüngeren, in das Bereich der Geographie fallenden Vergangenheit, nach der Entstehung des inneren Baus, kann man noch von einer Entwickelung und zwar von einer tektonischen und einer klimatischen Entwickelung der Landschaften sprechen (vgl. Kap. X), und die Morphologie muß in folgerichtiger Anwendung der aktualistischen Auffassung zweierlei beachten. Ein Vorgang wird nicht gleich am ersten Tage, sondern erst nach längerer Wirksamkeit und zwar, je länger er in Kraft ist, um so mehr, die ihm eigentümlichen Formen erzeugen. Mit jeder tektonischen sowohl wie mit jeder klimatischen Veränderung müssen sich auch die Vorgänge ändern, und die Formen der meisten oder doch vieler Gegenden werden diesen Wechsel erkennen lassen. So entsteht eine

Mannigfaltigkeit, die sich nur noch zum Teil allgemein auffassen läßt, zum Teil individuelle Behandlung erfordert.

Das ungefähr war der Standpunkt, den die Wissenschaft erreicht hatte, als *Davis* als Prophet einer neuen Theorie auftrat, durch die, wie *Rühl* sich ausdrückt[1]), die methodenlose, die schreckliche Zeit der bisherigen Morphologie beseitigt worden ist.

Davis bezeichnet seine „Methode", womit seine Theorie gemeint ist, als die Methode von Struktur, Vorgang (*process*) und Alter. Da dabei die Begriffe Struktur und Vorgang den bis dahin üblichen Begriffen des inneren Baues und der oberflächlichen Umbildung ungefähr entsprechen, nur etwas enger gefaßt sind, so liegt das unterscheidende Merkmal in der stärkeren Betonung des Alters. Nicht nur wird auf die Dauer der Vorgänge größerer Nachdruck als auf ihre verschiedene Art gelegt, so daß die Bezeichnung der Formen nach ihrem Lebensalter immer in den Vordergrund tritt, sondern es wird auch die Auffassung durchgeführt, daß der Lebenslauf der Formen oft zum Abschlusse gekommen sei, um dann in Folge einer Hebung von neuem zu beginnen, daß die Entwickelung der Formen meist in mehreren Zyklen erfolgt sei.

Die Frage ist nun, ob und in welchem Maße diese veränderte Auffassung einen Fortschritt bedeutet. Es soll bereitwillig zugestanden werden, daß durch die aufmerksame Verfolgung der nachträglichen Umbildung der Flußnetze, die an sich nicht unbekannt war, manche bis dahin rätselhafte Erscheinungen klar gelegt worden sind; aber es sind der nachträglichen Umbildung doch auch manche Erscheinungen zugeschoben worden, die in Wahrheit wohl auf Rechnung tektonischer Bedingungen oder überlebender (antezedenter) Flußläufe kommen (vergl. Kap. III). Auch die Form des einzelnen Tales oder Berges hängt bis zu einem gewissen Grade von der Dauer der Zeit ab, während der die umbildenden Vorgänge wirksam gewesen sind; die Zeit tritt jedoch an Bedeutung weit hinter der verschiedenen Art der Umbildung je nach dem Gestein und Klima zurück, die Bezeichnung der Formen durch das Alter führt irre (vergl. Kap. V). Ob es überhaupt zur Bildung alter und greisenhafter Täler gekommen ist, muß dahin gestellt bleiben; die sog. alten Täler sind meist Täler in weichem Gestein, die sog. greisen-

1) Eine neue Methode der Morphologie (Fortschritte d. naturw. Forschung Bd. VI S. 67 ff., S. 81).

haften Täler entweder Tieflandstäler, die nie steilere und höhere Talwände hatten, oder überhaupt keine Täler, sondern Dellen, d. h. flache Regenrinnen auf Landterrassen und Hochflächen. Ich will die Möglichkeit nicht in Abrede stellen, daß die gewöhnliche fluviatile Abtragung zu vollkommener Einebnung und Bildung einer Rumpffläche führt — ich selbst habe ja diesen Gedanken entwickelt und großen Wert auf ihn gelegt —; aber ein Nachweis dafür ist bisher nicht geliefert worden, die sog. Greisenhaftigkeit hat vielmehr eine ganz andere Ursache und kann sogar, wie es scheint, ein Anfangsstadium sein (vergl. Kap. VI). Damit verliert auch die Idee des Zyklus ihre eigentliche Bedeutung. Daß das Einschneiden der Flüsse nach Zeiten des Stillstandes in Folge von neuer Hebung neu belebt werden kann und daß sich das durch Talterrassen zu erkennen gibt, ist eine seit langem bekannte Erscheinung, und man hat darum ja schon längst von Perioden der Erosion gesprochen (vergl. Kap. IV). *Davis* begreift sie in seine Theorie des Zyklus ein, aber ein wirklicher Zyklus ist erst dann vorhanden, wenn das Leben nicht im Stadium der Reife oder gar der Jugend unterbrochen wird, sondern bis zur Greisenhaftigkeit abläuft, um erst danach wieder zu erwachen. Solche Fälle sind bisher nicht nachgewiesen; denn daß Rumpfflächen des geologischen Altertums in der Tertiär- und Quartärzeit wieder zerschnitten worden sind, kann man nicht hierher rechnen (vergl. Kap. X).

Die *Davis*sche Auffassung ist ein starker Schematismus, und soviel darin vom Leben die Rede ist, ermangelt sie selbst jeder Lebendigkeit. Die unendliche Mannigfaltigkeit des Gesteins und seiner Lagerungsweise taucht in den schematischen Gegensatz von „hart" und „weich" unter. Obgleich neben dem sog. normalen d. h. fluviatilen Zyklus ein glazialer und ein arider Zyklus unterschieden werden, bei denen beiden jedoch die Betrachtungsweise ganz versagt, kommt die Mannigfaltigkeit der klimatischen Einflüsse viel zu kurz; denn auch innerhalb des fluviatilen Zyklus ist die Bodengestaltung in der Polarzone, in der gemäßigten Zone, im Steppenklima, im Etesienklima, in den periodisch-feuchten und den immerfeuchten Tropen wesentlich verschieden. Die Kleinformen fallen ganz heraus, von der Physiognomie, dem Baustil, gibt die *Davis*sche Betrachtungsweise keine Vorstellung, und auch vielen Tatsachen des Bauplans gegenüber versagt sie. Weder aus dem Gestein noch aus dem Klima begründet, schwebt die Gestaltung der festen Erd-

oberfläche gleichsam in der Luft, fügt sie sich nicht in das länderkundliche Gebäude ein.

So kann ich in ihr keinen Fortschritt der Wissenschaft, sondern nur eine Episode sehen; sie hat die morphologische Forschung belebt, hat auch zu einer Anzahl richtiger Erkenntnisse geführt; aber als Ganzes ist sie verfehlt, und die auf ihr aufgebauten Untersuchungen haben zu einem großen Teile Trugschlüsse gezeitigt. Es muß viel Schutt abgetragen werden, um das Feld wieder für unbefangene Forschung frei zu machen. Im ganzen war die bisherige Theorie, die als rückständig mißachtete, doch auf dem richtigen Wege; auf ihr müssen wir weiter bauen.

XIV. Der Formenschatz der Landoberfläche.

Unsere Kenntnis von der Entstehung der Landoberfläche muß in einer Übersicht über deren Formenschatz auslaufen. Jede einzelne Oberflächenform ist, genau genommen, individuell, von allen anderen verschieden und interessiert uns, wenigstens wenn sie bedeutend genug ist, in ihrer Individualität und in ihrem besonderen Vorkommen; sie muß daher mit allen Mitteln der Sprache oder des Bildes oder der Karte dargestellt werden. Aber die Wissenschaft muß immer suchen, über diese individualisierende Auffassung hinaus zu gattungsbegrifflicher Betrachtung fortzuschreiten. Das ist schon aus formellen Gründen nötig, weil dadurch die sich immer wiederholende umständliche Beschreibung erspart wird, weil nur dadurch die gleichartigen Erscheinungen einer Gegend gemeinsam aufgefaßt und mit anderen verglichen werden können, und weil gattungsbegriffliche Auffassung die unentbehrliche Grundlage jeder vergleichenden Induktion und damit jeder kausalen Untersuchung ist. Aber es ist auch sachlich wichtig, weil richtig gebildete Gattungsbegriffe die tatsächlich vorhandenen Ähnlichkeiten und Verwandtschaften ausdrücken und auf gleiche oder ähnliche Entstehung sowie auf gleiche oder ähnliche Wirksamkeit hinweisen.

Man kann in der Morphologie wie in jeder Wissenschaft verschiedene Stufen der Klassifikation unterscheiden. Sie kann auf einzelne Formmerkmale begründet werden; wie man die Küsten nach dem Grundriß, dem Aufriß, der stofflichen Zusammensetzung gesondert unterschieden hat, so kann man sich auch bei den Formen des Binnenlandes an einzelne Formmerkmale halten, neben

denen große Unterschiede im übrigen einhergehen. Die Klassifikationen der älteren beschreibenden Orographie, wie wir sie im ersten Teile von *Sonklars* Orographie oder in dem Buche des Generals *Neuber* finden, sind meist solche künstliche Klassifikationen; *Passarge* hat noch neuerdings eine solche gegeben.[1]) Man wird sie nicht ganz vernachlässigen dürfen, weil wir in vielen Fällen noch nicht weiter sind; aber es wäre Pedanterie, wenn man in jeder morphologischen Darstellung die Fülle der Erscheinungen zuerst in das Prokrustesbett solcher künstlicher Klassifikationen zwingen wollte. Es ist zwecklos, Formengruppen aufzustellen, deren Ähnlichkeit nur äußerlich ist, die also künstlich sind, wie die Wannen oder die Aufschüttungsseen. Die Wissenschaft muß bei jeder Erscheinung die Gesamtheit der Eigenschaften aufzufassen suchen und hat das Mittel dafür in der Aufstellung von Typen gefunden, die, zunächst ohne beabsichtigte und bewußte genetische Bedeutung, doch die Erscheinungen im ganzen auffassen und dadurch tatsächlich, weil Ähnlichkeit der Gesamtheit der Eigenschaften immer oder doch meist auf ähnlicher Entstehung beruht, auch genetische Bedeutung haben. Neben den Formentypen, die zunächst beschreibend sind und erst im Laufe der Untersuchung genetische Bedeutung bekommen, die also induktiv gewonnen werden, stehen nun aber die deduktiv gewonnenen Formen, denen von vornherein genetische Bedeutung innewohnt, deren Wirklichkeit aber zunächst dahinsteht und erst festgestellt werden muß. Von ihnen gilt natürlich dasselbe, was von den deduktiven Theorien zu sagen ist: sie sind nur dann sicher, wenn die Deduktion reproduktiv ist, d. h. auf eine sorgfältige Induktion folgt, oder wenn sie nachträglich durch eine solche bestätigt wird.

Bei jeder geographischen Klassifikation, also auch bei den Klassifikationen der geographischen Morphologie, muß noch eine weitere Bedingung erfüllt sein. Es kommt für sie darauf an, die Erscheinungen als Eigenschaften der Landesnatur zu erfassen, d. h. sowohl ihren Zusammenhang mit anderen Erscheinungen derselben Landschaft wie ihre Anordnung und Verteilung klarzulegen; denn nur dadurch werden sie einerseits für die länderkundliche Charakteristik der Landschaften, andrerseits für die vergleichende Betrachtung der allgemeinen Geographie verwendbar.

Die Formen der Erdoberfläche sind von sehr verschiedener Größe.

---

1) Landschaftskunde Bd. I S. 23ff.

Aus meinem Fenster sehe ich in das Neckartal: ich sehe den die Talsohle erfüllenden Fluß und die aus dem Flußbette aufsteigenden Talhänge, gegenüber wird der Hang durch ein Nebentälchen, weiter aufwärts durch Regenrisse gegliedert, ich weiß, daß dort im Walde ein Felsenmeer liegt, der Talhang steigt zum Königstuhl hinauf. Diese Formen zeigen eine Rangordnung: das Neckartal ist eine Großform, seine Sohle und seine Hänge sind Formelemente, das Felsenmeer und die Regenrisse sind Kleinformen, die dem Formelemente des Hanges Mannigfaltigkeit verleihen; nur bei jenem Seitentälchen kann man zweifelhaft sein, ob man es als Groß- oder Kleinform auffassen solle. Der Königstuhl ist eine Großform, gleich dem Neckartal, steht aber dieser Hohlform als Vollform gegenüber. Weder das Tal noch die Berge sind selbständig, für sich überhaupt denkbar, sie sind vielmehr Gliederungsformen des Odenwaldes, und erst in diesem tritt uns eine selbständige, für sich denkbare Oberflächenform entgegen, obgleich auch er sich wieder größeren Systemen, dem oberrheinischen Gebirgssystem und dem ganzen deutschen Mittelgebirgsland, unterordnet.

Dieselbe Unterscheidung von Oberflächenformen verschiedenen Ranges bietet sich uns in jedem Gebirge dar, und wenn die Unterscheidung auch in den Hochländern und Tiefländern, besonders in den Gebieten der Ablagerung, etwas anders ist, so treten uns doch immer Formen von verschiedener Größe und verschiedenem Range entgegen, die einander über- und untergeordnet sind und nicht mit einander verglichen werden können. Es wird viel darin gesündigt, daß man hierauf nicht achtet, sondern Formen von verschiedener Rangordnung, die ihrer Entstehung nach nichts mit einander zu tun haben, auf Grund von äußerlichen Ähnlichkeiten in eine Klasse zusammenfaßt. Welchen Zweck hat es, einen einzelnen Felspfeiler mit einem ganzen Berge zusammenzustellen, bloß weil beide nach allen Seiten abfallende Vollformen sind? Man kann sich diese Rangordnung durch den Vergleich mit dem menschlichen Körperbau deutlich machen, obschon dieser Vergleich nicht zu weit getrieben werden darf: eine selbständige Hauptform, wie der Odenwald, entspricht einem Menschen, die unselbständigen großen und kleinen Einzelformen seinen Organen, etwa dem Arme und dem Finger oder dem Fingernagel, eine Gruppe von Gebirgen einer Familie. Ebensowenig wie den Finger mit einem ganzen Menschen kann ich eine Kleinform mit einem Gebirge vergleichen. Die naive

Auffassung sieht die Gebirge allerdings als eine Anhäufung von Bergen an, und diese Auffassung findet sich auch bei *Karl Ritter* und ist selbst in der Gegenwart noch nicht ganz verschwunden; aber *Fröbel* hat *Ritter* bereits entgegengehalten, daß die Gebirge der Entstehung nach primär und selbständig, die Täler und Berge dagegen aus ihnen herausgearbeitet, also sekundär und unselbständig seien; diese Auffassung ist heute so sicher gestellt, daß die Wissenschaft nur von ihr ausgehen kann.

Man hat manchmal den Fehler gemacht, die oberflächliche Umbildung als gleichartige Entstehungsursache neben die tektonische Entstehung, z. B. Erosionsgebirge neben Schollen- und Faltengebirge, zu stellen. Die Erosion ist aber in allen dreien in gleichem Maße wirksam, und alle drei haben bestimmten inneren Bau; der Unterschied besteht nur darin, daß der ursprüngliche tektonische Block der Erosionsgebirge ein gleichartiges, ausdrucksloses Tafelland ist. Auch bei den Gebieten der Aufschüttung muß man mit einer tektonischen Unterlage rechnen. Nur die tektonischen Gebilde sind selbständig, d. h. können für sich bestehen; die oberflächliche Umgestaltung, sei es Abtragung oder Ablagerung, kann immer nur ein tektonisches Gebilde umarbeiten, es umgestalten, aber nie etwas Selbständiges aus sich heraus schaffen. Natürlich soll darum nicht umgekehrt jedes einzelne tektonische Gebilde, jede einzelne Mulde oder jedes einzelne Gewölbe als selbständig aufgefaßt werden; sie sind nur Teilstücke der großen Faltungsmasse. Auch einzelne Vulkanberge erscheinen, ähnlich wie etwa Moränen oder Dünen, dem Gebirge aufgesetzt, und nur ausnahmsweise sind vulkanische Gebirge oder Berge wirklich selbständig.

Soweit es für unseren Zweck nötig erschien, haben wir die Klassifikation der unselbständigen Klein- und Großformen, der eigentlichen Landoberfläche sowohl wie der Küsten, bereits besprochen. Hier handelt es sich um die Auffassung der selbständigen Haupt- oder Gesamtformen oder, anders ausgedrückt, der Landschaften im ganzen; die unselbständigen Groß- und Kleinformen treten nur als Unterformen, gleichsam als Eigenschaften oder Merkmale, in die Betrachtung ein.

Der erste und wichtigste Gesichtspunkt der Betrachtung einer Landschaft ist ihre Höhe und ihre Ebenheit oder Unebenheit, wonach wir Gebirge, Hochländer und Tiefländer unterscheiden. Nach dem absoluten Betrage der Meereshöhe und dem Maße der Un-

ebenheit kann man weitere Unterschiede machen, z. B. zwischen Bergländern und Hügelländern, Tiefebenen und Tiefländern, Hochebenen und Hochländern, aber man wird diese Unterschiede der Klassifikation doch nur zu Grunde legen, insoweit sie sich genetisch wenden lassen. Besonders bei Bergländern ist sehr wichtig der Bauplan, d. h. die Art der Gliederung, wie sie hauptsächlich durch die Gestaltung des Flußnetzes bewirkt wird. Eine dritte Reihe von Eigenschaften, deren Vernachlässigung ein so großer Mangel der *Davis*schen Auffassung ist, ergibt sich aus dem Charakter der Einzelformen, der den Baustil oder die Physiognomie der Landschaft in der Hauptsache bestimmt. Jeder dieser Gesichtspunkte für sich gibt nur einen Teil der Erscheinung und ist daher als allgemeiner Einteilungsgrund künstlich; eine natürliche Einteilung muß sie alle zugleich zu umfassen suchen; denn Höhe und senkrechte Gliederung, Bauplan und Baustil laufen nicht unabhängig neben einander her, sondern gehören zusammen und machen gemeinsam das Wesen einer Landschaft aus.

Die Ergebnisse des vorangehenden Aufsatzes über die morphologischen Theorien lassen es allerdings von vornherein zweifelhaft erscheinen, ob es möglich ist, die Charakteristik einer Gegend in einen Ausdruck zusammenzufassen und danach eine einheitliche Klassifikation der Formen der Landoberfläche aufzubauen. Dem Anscheine nach gelingt es wenigstens in einzelnen Fällen: wenn ich von einem Vulkankegel oder einem einfachen Faltengebirge oder einer Inselberglandschaft (in dem ursprünglichen Sinne) oder einer Moränenlandschaft oder einer Flußebene spreche, so steht ein bestimmtes einheitliches Bild vor meinen Augen. Aber ich sehe dabei unbewußt von gewissen, an sich wichtigen Eigenschaften ab. In anderen Fällen tritt die Zweiheit der Auffassung sofort ins Bewußtsein. Der morphologische Charakter einer Landschaft hängt von ihrem inneren Bau und von ihrem Klima in Gegenwart und Vergangenheit zugleich ab, die ganz unabhängig von einander sind und daher nicht in einen Ausdruck gepreßt werden können. Alle Versuche einer eingliedrigen genetischen Klassifikation der Oberflächenformen müssen unbefriedigend ausfallen. Sie gelten nur, wenn man den Bau zu Grunde legt, für Flußlandschaften, nicht für Glaziallandschaften und Wüsten, wenn man dagegen von der oberflächlichen Umbildung ausgeht, nur für einen bestimmten Bau. Die morphologische Charakteristik einer einzelnen Landschaft kann dem-

nach nur zweigliederig (binomisch) oder, wenn wir die Abhängigkeit von der Vergangenheit hinzunehmen, drei- und mehrgliedrig sein; die Klassifikation der Landschaften ist nur durch Verbindung zweier oder dreier oder noch mehrerer Einteilungsgründe möglich. Ein Tafelland der Wüste, ein Faltenland der feuchten Tropen, eine gehobene Rumpfplatte der gemäßigten Zone sind solche zweigliedrige Charakteristiken. Nur bei Gebieten der Ablagerung kann man scheinbar von dem inneren Bau absehen, weil er durch die oberflächliche Ablagerung ganz verhüllt ist; aber in Wahrheit wird dabei Flachlandsnatur des Landes vorausgesetzt, denn sonst hätte es zu keiner zusammenhängenden Ablagerung kommen können.

Von einer Rangordnung der beiden Einteilungsgründe nach dem inneren Bau und nach der oberflächlichen Umgestaltung wird man kaum sprechen können. Da man anfangs in der Oberflächengestalt einen ziemlich unmittelbaren Ausdruck des inneren Baus sah, stellte man diesen in der Charakteristik und Klassifikation bis zur gänzlichen Vernachlässigung der oberflächlichen Umbildung voran. Heute sind manche geneigt, den Spieß umzukehren; aber auch diese Einseitigkeit ist höchstens bei Gebieten überwiegender Ablagerung statthaft. Ein noch einseitigeres Einteilungsprinzip ist aber das Alter, dessen Bedeutung hinter der des inneren Baus und der oberflächlichen Umbildung weit zurücksteht.

Da sich dieses Buch ganz auf die Morphologie im engeren Sinne des Wortes, d. h. auf die oberflächliche Umbildung, beschränkt und die Tektonik voraussetzt, so will ich die tektonische Seite der Charakteristik und Klassifikation hier nur andeuten. Auch der innere Bau ist keine einfache, sondern eine sehr komplizierte Tatsache. Es kommt sowohl auf das Gestein wie auf die Lagerungsverhältnisse an; am wichtigsten ist aber die tektonische Oberfläche, d. h. die Oberfläche, wie sie auf Grund der jungen gebirgsbildenden Vorgänge ohne Umbildung durch äußere Kräfte sein würde. Der Bau der meisten Gegenden ist in wiederholten Akten geschaffen worden, und wenn wahrscheinlich der älteste für die ganze Zukunft bestimmend und darum für den Geologen, den Geschichtschreiber der Erde, am wichtigsten ist, so ist doch für die Gegenwart und damit für die geographische Betrachtung der letzte Akt maßgebend. Das deutsche Mittelgebirgsland ist für sie in erster Linie ein Schollenland und erst in zweiter Linie ein Land alter Faltung, die eigentlich nur noch in der Schichtenlagerung der Rumpf-

schollen zum Ausdrucke kommt. Die allgemeinen Hebungen und Senkungen, die je nachdem der Erosion oder der Ablagerung neue Kraft verleihen oder auch zu einem Wechsel von Erosion und Ablagerung führen können, können doch nur als Abänderungen aufgefaßt werden. Um ein Beispiel zu nennen, so würde ich den Schwarzwald als ein Rumpfschollengebirge mit teilweise überlagernder Decke von Buntsandstein bezeichnen. Eine nähere Charakteristik würde sich auf die Ausdehnung und Mächtigkeit des Sandsteins, die Zusammensetzung des Rumpfes aus Erstarrungs- und Schichtgesteinen verschiedenen Alters und verschiedener Beschaffenheit und auf etwaige Wiederholung der Hebung beziehen und die Maße der Hebung und der Ausdehnung des Gebirges hinzufügen. Wenn es sich trotz allem bestätigen sollte, daß das Gebirge in jüngerer Zeit von neuem eingeebnet worden ist, so würde auch das in die Charakteristik aufzunehmen sein. Die Charakteristik des Schweizer Juras oder der Apenninen würde natürlich verschieden ausfallen, je nachdem man die für jene von *Brückner*, für diese von *Braun* behauptete Einebnung des Gebirges nach der Faltung für richtig hält oder nicht. In diesem Falle würde man sie als einfache Faltengebirge charakterisieren, wobei für den Jura die überwiegende Zusammensetzung aus Kalk und der dadurch bedingte Karstcharakter hervorzuheben wäre. In jenem Fall würde man die beiden Gebirge wie Rumpfgebirge, nur aus jüngerer Zeit, zu behandeln haben. Dasselbe würde für die Alpen nach der Auffassung *v. Staffs* gelten, während sie für uns andere ein kompliziert gebautes Falten- oder Überschiebungsgebirge sind. Mit der Annahme neuerer Einebnungen und darauf folgender senkrechter Hebung gingen fast alle tektonischen Unterschiede verloren, die man bisher anerkannt hat; wir hätten fast überall mit einfachen Gewölben zu rechnen, die sich nur durch ihre Ausmaße unterschieden. Vorläufig dürfen und müssen wir aber an der verschiedenen Bildungsart der tektonischen Gebilde festhalten und zwischen Faltengebirgen einfacher oder komplizierter Bauart, zerbrochenen Faltengebirgen, Schollen verschiedener Art (mit weiterer Unterscheidung nach der Lage der ganzen Scholle und nach ihrem inneren Bau) und endlich vulkanischen Gebirgen unterscheiden. Hiermit sind natürlich nur die wichtigsten Typen genannt. Wahrscheinlich werden sich noch andere Unterschiede herausstellen, die wir heute noch nicht recht beurteilen können; denn Gebirge wie der Tianschan und die deutschen Mittelgebirge, die nach der

heutigen Auffassung beide Rumpfschollengebirge sein sollen, dürften doch wohl nicht bloß auf Unterschieden des Maßes, sondern auf wesentlich verschiedenen Bildungsvorgängen beruhen.

Bei gleichem Klima kommt man mit einer solchen tektonischen Charakteristik und Klassifikation aus; denn alle Vorgänge der oberflächlichen Umbildung hängen dann vom inneren Bau ab, und die durch sie erzeugten Formen können als Funktionen des Baus aufgefaßt werden. Das kann allenfalls auch für die glaziale Bodengestaltung der Gebirgshöhen gelten, da die Verfirnung und Vergletscherung eine Funktion der Höhe ist. Aber sobald wir in ein anderes Klima kommen, ändert sich die oberflächliche Umbildung auch bei vollkommen gleichem Bau, wozu immer auch, als eine Folge der Intensität der Gebirgsbildung, die Höhe gehört. Denken wir uns den Odenwald oder den Harz oder irgend ein anderes deutsches Mittelgebirge nach einander in verschiedene Klimazonen versetzt und suchen uns klar zu machen, welche Formen sie dann annehmen würden! Schon in Schottland und Norwegen und noch mehr in hohen Breiten hat die eiszeitliche Schneegrenze so viel tiefer gelegen und haben sich Gletscher so viel tiefer herabgesenkt, daß die glaziale Bodengestaltung fast ganz über die fluviatile überwöge; das Gebirge hätte einen glazialen Formenschatz. In der Sahara gäbe es keine regelmäßige Entwässerung, die Durchtalung wäre gering, chemische Zersetzung fehlte oder wäre doch anderer Art; das Gebirge hätte den Formenschatz der Wüste. In den feuchten Tropen wäre es zwar durchtalt, ähnlich wie in Deutschland; aber die andere Art der Verwitterung und Denudation schüfe auch dort wesentlich andere Formen; in den periodisch-feuchten Tropen wäre das Gebirge vielleicht in eine Inselberglandschaft verwandelt. Kleinere Klimaunterschiede riefen kleinere Unterschiede der Bergformen hervor; es ist eine Hauptaufgabe der Klassifikation, die klimatischen Grenzwerte zu finden, bei denen Formunterschiede eintreten. Neben dem Klima der Gegenwart kommt auch das der Vergangenheit in Betracht. Aber — es ist kaum nötig, das hinzuzufügen — in jedem Klima würde doch immer auch die Tektonik ihre Gültigkeit behalten, würden die Formen verschiedener Gebirge je nach ihrem inneren Bau verschieden sein.

Mit dem Klima wechseln einerseits die großen Vorgänge der Umlagerung, andrerseits die Vorgänge der Verwitterung und Denudation. Jene bewirken mehr die Großformen, diese die Kleinformen. Jene sind dauerhafter und stammen oft aus einer Vergangenheit mit anderem

Klima, diese gehören großenteils der geologischen Gegenwart an. Die beiden Reihen von Vorgängen weichen auch insofern von einander ab, als Verwitterung und Denudation unmittelbar von den Bedingungen der betreffenden Erdstelle abhängen, die Vorgänge der großen Umlagerung dagegen sich in Nachbargebiete erstrecken, so daß z. B. ein Gebiet, das nie ewigen Schnee gehabt hat, doch von der Vergletscherung erreicht wurde, also glaziale Bodengestaltung zeigt, ein trockenes Gebiet von den Flüssen eines benachbarten feuchten Gebietes erreicht wird.

Für die Auffassung und Klassifikation der Formen stehen die großen Vorgänge der Umlagerung an Bedeutung voran; die Charakteristik nach dem inneren Bau muß also zuerst durch die Angabe der Stellung in einem Systeme der Umlagerung ergänzt werden, wobei einerseits zwischen den verschiedenen Arten der Umlagerung, andrerseits zwischen Gebieten der Abtragung und Ablagerung unterschieden werden muß. Dadurch sind die großen Züge der Umbildung gegeben. Die Physiognomie des Gebirges, für die die Kleinformen so wesentlich sind, kommt aber ganz erst heraus, wenn wir auch die heutige Umbildung an Ort und Stelle in die Definition aufnehmen. Es ist kaum nötig, viele Beispiele anzuführen. Das cumbrische Bergland (*Lake distrikt*) ist ein Rumpfschollengebirge, das aber, im Gegensatze zu den deutschen Gebirgen ähnlichen Baus, in der Eiszeit großenteils glazial ausgebildet worden ist und heute unter dem Einflusse eines feuchten Klimas steht. Das Plateau von Ahaggar ist ein Kalktafelland der Wüste. So ließen sich die Beispiele häufen.

Müssen wir somit die Verschiedenheit des inneren Baus und die klimatische Verschiedenheit der oberflächlichen Umbildung grundsätzlich auseinanderhalten, so können doch bestimmte Eigenschaften des inneren Baus so stark wirken, daß die klimatischen Unterschiede dahinter zurücktreten, oder sie können auch Formen hervorrufen, die sonst einem anderen Klima angehören, so daß man von Konvergenzerscheinungen sprechen kann. Gilt ersteres von Kalk- oder Karstgebirgen, so findet letzteres z. B. auf wasserdurchlässigen Sandstein Anwendung, dessen Formen denen der Wüste so ähnlich sind, daß man daraus fälschlich auf ein früheres Wüstenklima geschlossen hat. Bruchstufen sind den durch Abtragung gebildeten Landstufen sehr ähnlich. Felsplatten können, wie es scheint, ebensowohl durch marine Abrasion wie durch festländische Abtragung verschiedener Art entstanden sein. In solchen Fällen kann man die

Landschaft wohl durch einen einfachen Ausdruck beschreiben; aber die Beschreibung ist dann noch nicht genetisch, da die Entstehung dahingestellt bleibt.

Die Geographie muß an jede Begriffsbestimmung und Klassifikation die Forderung stellen, daß sie die Erscheinungen als Eigenschaften der Landesnatur erfassen lassen, daß sie sowohl ihren Zusammenhang mit den anderen Erscheinungen derselben Landschaft wie ihre Anordnung und Verteilung über die Erde zu klarem Ausdrucke bringen. Darum müssen sie auf Eigenschaften von ausgesprochener geographischer Verteilung begründet werden. Durch die vorgeschlagene Art der Klassifikation wird diese Bedingung erfüllt. Die Ausbildung der Formen der Landoberfläche hängt tatsächlich von zwei verschiedenen Reihen von Bedingungen ab, die nichts mit einander zu tun haben: vom inneren Bau und von der oberflächlichen Umbildung. Eine einfache Bezeichnung und Klassifikation würde diese Zweiheit der geographischen Verteilung verwischen; nur eine zwei- oder mehrgliedrige Bezeichnung und Klassifikation kann sie ausdrücken.

Die Geographie ist die Wissenschaft von der Erdoberfläche nach ihrer örtlichen Verschiedenheit; dem entsprechend muß sie bei jeder Oberflächenform nach ihrem Auftreten fragen und muß von der Definition und Klassifikation der Oberflächenformen fordern, daß sie die Beantwortung dieser Frage möglich mache. Aber so ist die Fragestellung nur vorläufig, gehört dem Studium unvollendeter Induktion an, in dem wir noch nicht auf den letzten Grund der Dinge gelangt sind. Unser Ziel ist nicht, die Dinge hinzustellen und dann nach ihrem Auftreten zu fragen, sondern vielmehr die Dinge aus dem Wesen der Erdstelle herauswachsen zu lassen, sie in synthetischer Betrachtung daraus abzuleiten. An jeder Erdstelle sind zweierlei Reihen von Eigenschaften vereinigt: die tellurischen oder Erdkräfte, die auf der Zusammensetzung des inneren Magmas beruhen, und die kosmischen oder Weltallkräfte, die hauptsächlich von der Lage zur Sonnenstrahlung abhängen. Von der Verbindung dieser beiden Ursachenreihen hängen, allerdings auf vielfachen Umwegen, die Formen der Erdoberfläche ab Von einer Kenntnis des Magmas sind wir weit entfernt; wir müssen uns begnügen, die inneren Vorgänge und den auf sie begründeten inneren Bau als Tatsachen hinzunehmen, und müssen vorläufig darauf verzichten, zwischen dem Wie und dem Wo des inneren Baus eine Brücke des Verständnis-

ses zu schlagen. Dagegen können wir die Verteilung des Klimas als einer Folge der mathematischen Lage und der Verteilung von Land und Meer im großen und ganzen verstehen; wir haben heute, soviel auch im einzelnen noch fehlt, eine allgemeine Vorstellung davon, wie die Vorgänge der oberflächlichen Umbildung in verschiedenen Klimaten verlaufen, und können daher das Wie und das Wo in ursächliche Beziehung setzen, die Formen der oberflächlichen Umbildung sofort an ihr Vorkommen anknüpfen. In der Ausbildung dieser Erkenntnis liegt das Ziel der geographischen Morphologie im engeren Sinne.

Man kann keinem der beiden Einteilungsgründe einen unbedingten Vorrang vor dem anderen einräumen. Die Landschaftsform im großen hängt mehr vom inneren Bau ab; die oberflächliche Umbildung gestaltet im einzelnen aus und drückt dadurch der Physiognomie der Landschaft den Stempel auf. Möchte man geneigt sein, den inneren Bau voranzustellen, so können wir doch seine Verschiedenheit von Ort zu Ort viel weniger verstehen, und er scheint sich auch tatsächlich schon in kleineren Abständen zu ändern, so daß er sich weniger in großen Zügen auffassen läßt als die durch die oberflächliche Umbildung bewirkten „Formenkreise", wie *Passarge* es ausdrückt. Eine einfache Einteilung wie beim Klima ist unmöglich. Die beiden Hauptgesichtspunkte der Einteilung verhalten sich zu einander ähnlich wie in der Pflanzen- und der Tierwelt der Gesichtspunkt der Abstammung (der Flora und Fauna) und der Gesichtspunkt der Anpassung an die Lebensbedingungen der Umwelt; sie durchkreuzen einander, und jenachdem, worauf man abzielt, wird man dem einen oder dem anderen den Vorzug geben. Für eine vollständige Auffassung muß man beide berücksichtigen, beiden gerecht zu werden versuchen.

Anhang.

I. Die Methode der Forschung.

1. Die Entwickelung der Methode.

Die Geographie überhaupt und die geographische Morphologie im besonderen ist von der Feststellung der Tatsachen, der reinen oder im Sprachgebrauche der Logiker elementaren Beschreibung immer mehr auch zur Erforschung der Ursachen übergegangen, eine zugleich kausale oder genetische Wissenschaft geworden. Als ihr Ziel muß unter allen Umständen neben der Feststellung der Tatsachen deren ursächliche Erkenntnis hingestellt werden; nur dadurch werden die Formen der Erdoberfläche in den Zusammenhang der geographischen Erscheinungen gerückt, nur dadurch wird auch die Auffassung der Tatsachen selbst gesichert. Die Notwendigkeit ursächlicher Auffassung, gerade auf die Formen der Erdoberfläche angewandt, ist seit *Peschel* ein Gemeingut der deutschen geographischen Wissenschaft, und wenn auch der Kausalitätstrieb bei verschiedenen Menschen verschieden stark entwickelt ist, viele auf die Sammlung der Tatsachen mehr Wert legen und den größeren Fleiß verwenden, so zeugt es doch von einer gewissen Naivität, wenn von *Davis* der deutschen Geographie als solcher mangelndes Streben nach ursächlicher Erkenntnis vorgeworfen wird. Eine Meinungsverschiedenheit besteht weniger über die Aufgabe, abgesehen davon daß *Davis* den Wert der einfachen Beschreibung zu sehr verkennt, als über die Methode der morphologischen Forschung.

Damit uns eine Erkenntnis über den ursächlichen Zusammenhang von Dingen der Erfahrung als sicher erscheint, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein. Wir müssen erkennen, daß die zu untersuchende Erscheinung mit der vorausgesetzten Ursache immer zusammenfällt, und wir müssen begreifen, wie diese Ursache die als ihre Wirkung aufgefaßte Erscheinung bewirken kann. Schon im gewöhnlichen

Leben geben wir uns nicht zufrieden, ehe nicht diese beiden Bedingungen der Erkenntnis erfüllt sind, ehe wir nicht nur das „daß" des Zusammenhanges festgestellt, sondern auch das „wie" begriffen haben. In viel höherem Maße gilt das von der Wissenschaft. Wir müssen also zwei verschiedene Schlußweisen anwenden, um zu einem gesicherten Ergebnis zu kommen. Erstens fassen wir die zu untersuchenden Erscheinungen der Wirklichkeit unter einem Allgemeinbegriffe zusammen und untersuchen, mit welchen anderen Erscheinungen alle diesem Gattungsbegriffe unterzuordnenden Fälle verbunden sind; dieses Verfahren ist das induktive. Zweitens gehen wir von einer allgemeinen Kraft aus, von der wir annehmen, daß sie die Ursache der zu untersuchenden Erscheinungen sein könne, und erschließen aus dem Wesen dieser Kraft ihre Folgeerscheinungen, in der Hoffnung, die zu untersuchende Erscheinung als solche zu erkennen; dieses Verfahren ist das deduktive. Aber sowohl die induktive wie die deduktive Schlußweise sind jede für sich unvollständig, geben erst die eine Hälfte der Gewißheit; sie müssen mit einander verbunden werden, um sichere Erkenntnis zu schaffen.

Die Art der Verwendung induktiver und deduktiver Schlüsse und auch die Strenge der Schlußweise ist verschieden, und man kann danach in der Hauptsache drei verschiedene wissenschaftliche Methoden unterscheiden, die aber in einander übergehen. Die eine, im gewöhnlichen Leben und auch in einem unentwickelten Zustande der Wissenschaft häufigste Methode ist die von *Wundt* als Interpretation bezeichnete; zwar beschränkt er sie als psychologische Interpretation auf die Geisteswissenschaften, aber sie spielt tatsächlich auch in den sogenannten beschreibenden Naturwissenschaften eine große Rolle. Induktive und deduktive Schlüsse, jene meist in der primitiven Form der Analogie, diese als rohe Ableitungen aus dem Wesen der Kraft heraus, sind hier eng verbunden, wechseln in ihrer Anwendung bunt ab. Diese Methode, so roh, tastend, unsicher sie ist, spielt eine größere Rolle, als man gemeinhin denkt, und auch wo man strengere Methoden anwendet, fängt der einzelne Forscher gewöhnlich mit einer solchen Interpretation an, um sich im Stoffe zu orientieren. Die beiden strengeren und gereifteren Methoden sind die Induktion und die Deduktion; aber man muß sich von vorn herein vor dem Mißverständnisse hüten, als ob in jener nur induktive Schlüsse, in dieser nur deduktive Schlüsse angewandt würden und in jener das deduktive, in dieser das induktive

Element ganz fehlte; es handelt sich vielmehr meist nur um das Überwiegen und, der Interpretation gegenüber, um die strengere Gestaltung der einen oder der anderen Schlußweise. Bei streng induktiver Methode wird zuerst die Induktion, d. h der tatsächliche Vergleich der Erscheinungen mit den hypothetisch gesetzten Ursachen, vollständig durchgeführt und erst danach der tatsächlich festgestellte ursächliche Zusammenhang aus dem Wesen der als Ursache aufgefundenen Kraft erklärt. Bei streng deduktiver Methode werden zuerst die Folgeerscheinungen der hypothetisch gesetzten Ursachen theoretisch aus deren Eigenschaften entwickelt und ihnen die Tatsachen untergeordnet (subsumiert), um erst dann durch Vergleich mit den Tatsachen auf ihre Richtigkeit hin geprüft (verifiziert) zu werden. Keine der beiden Methoden ist schlechthin die bessere, jede hat ihre Vorzüge und ihre Nachteile: in gewissen Fällen verdient die eine, in anderen Fällen die andere den Vorzug oder ist sie überhaupt nur anwendbar; es ist die Grundfrage der Methodik jeder Wissenschaft, ob und wann sie sich der einen oder der anderen Methode bedienen will. Die geographische Morphologie hat sich bisher der induktiven Methode und zwar in zwei verschiedenen Formen bedient; aber neuerdings ist die deduktive Methode auf den Schauplatz getreten und ist ihr Vorrecht mit einem gewissen Fanatismus gepredigt worden. Darum müssen wir den Wert der beiden Methoden morphologischer Erkenntnis untersuchen.

Schon die Geburtszeit der modernen Morphologie wird durch einen Kampf um die Methode gekennzeichnet; aber es handelte sich nicht um den Kampf zwischen induktiver und deduktiver, sondern zwischen zwei verschiedenen Formen der induktiven Methode. In *Peschels* Neuen Problemen der vergleichenden Länderkunde, denen das große Verdienst nie entrissen werden kann, daß sie die kausale Behandlung morphologischer Probleme in die Geographie eingeführt haben, wurden bestimmte Oberflächenformen, wie etwa die Fjorde, die Täler, die Seen, die Deltas in ihrer Verbreitung über die Erdoberfläche verfolgt und wurden aus dem Vergleiche ihrer Verbreitung mit der Verbreitung anderer Erscheinungen Schlüsse auf ihre Ursachen gezogen. Dieses Verfahren stand im Gegensatze zu der Untersuchungsmethode der Geologie, die sich im allgemeinen auf die Einzelerscheinungen richtete. Die vergleichende Betrachtung über die Erde hin war nichts ganz Neues; aber sie trat hier, zugleich auf eine ganze Reihe von Problemen angewandt, be-

wußt als solche auf und wurde dabei mit solcher Eleganz gehandhabt, daß sie die Geister fortriß. Zweifellos sind eine Anzahl wichtiger Erkenntnisse dadurch gewonnen worden. Aber andere Ergebnisse bewährten sich nicht, und die Mängel der Methode, auf die einzelne Skeptiker gleich hingewiesen hatten, stellten sich allmählich immer deutlicher heraus. Die Vergleiche über die Erde wurden von *Peschel* nur auf das Studium von Übersichtskarten und einzelnen Reisebeschreibungen begründet und waren daher von vorn herein oberflächlich. Aber auch als *Rudolf Credner* und andere auf Grund eindringender Studien die Deltas, die Reliktenseen und andere Erscheinungen gründlich untersuchten, blieben die Untersuchungen doch mit einer starken Unsicherheit behaftet, weil das in Karten und in der Literatur angehäufte, aber ohne Rücksicht auf die betreffende Untersuchung gesammelte Material für diese keine genügende Grundlage bot. Ich erinnere mich einer dramatischen Szene auf dem Geographentage in Halle. Nachdem *R. Credner* nach *Peschel*scher Methode einen formvollendeten Vortrag über die Alpenseen gehalten hatte, stand *Zittel* auf und teilte die damals eben abgeschlossenen, aber noch nicht veröffentlichten Untersuchungen *Penck*s über die Entstehung des bayrischen Alpenvorlandes durch glaziale Erosion mit. Die Überlegenheit der Beobachtung über das vergleichende Kartenstudium mußte sich jedem aufdrängen, und wenn auch die Ergebnisse der *Penck*schen Untersuchung seitdem viel bekämpft worden sind, so ist der Kampf doch mit Beobachtungen, nicht auf dem Wege des Kartenstudiums geführt worden. Freilich darf man nicht ins andere Extrem verfallen und dieses ganz verbannen wollen, wie es manche tun. Die Untersuchung einer Erscheinung durch Beobachtung an Ort und Stelle ist immer ein umständliches Unternehmen und läßt sich nur in beschränktem Umfange durchführen; wenn wir uns ganz darauf beschränken wollten, würden wir nie zu allgemeinen Sätzen gelangen. Das wäre eine falsche Zurückhaltung. Sobald durch die Beobachtung in einer oder in mehreren Gegenden ein vorläufiges Ergebnis gewonnen ist, ist der Blick für die Karte und das Verständnis des in der Literatur enthaltenen Materials so geschärft, daß man weiter gehende Schlüsse wagen kann. Die geographische Erkenntnis ist immer erst dann vollständig, wenn sie über die ganze Erde ausgedehnt ist; solange sie auf Quellen zweiter Hand beruht, ist sie zwar noch nicht vollkommen, kann aber eine große Annäherung an die Wahrheit bedeuten.

Die morphologische Beobachtung im strengeren Sinne des Wortes ist, von einzelnen Vorgängern abgesehen, zuerst von englischen Geologen in den 50er und 60er Jahren geübt worden. Ihr klassisches Muster in der deutschen Literatur ist *Rütimeyers* Buch über Tal- und Seebildung, das auf eingehenden Beobachtungen im Schweizer Jura, im Reußtal und im Tessin beruhte. Ungefähr in dieselbe Zeit fallen auch die Anfänge der nordamerikanischen Kordillerenforschung, die durch die Verbindung der geographischen und der geologischen Aufnahmen darauf gestoßen wurde und wegen der Kahlheit des Bodens ein wunderbar klares Beobachtungsfeld hatte. *Richthofen*, der von dieser manche Anregung bekommen hatte, hat die Methode in China meisterhaft gehandhabt und später in seinem Führer für Forschungsreisende eine treffliche Anleitung dazu gegeben. Es ist unnötig, hier andere hervorragende Beobachter zu nennen. Im Laufe der Zeit ist zielbewußte gründliche Beobachtung und darauf begründete Induktion auf dem Gebiete der Morphologie ein Gemeingut der Wissenschaft geworden. Alle unsere wichtigen Erkenntnisse über die Erosionsnatur der Täler und die Gestaltung der Berge, über die glaziale Bodengestaltung, die Bodengestaltung der Wüste usw. sind durch Beobachtung und auf sie begründete Induktion gewonnen oder wenigstens zunächst angebahnt worden, um dann durch Karten- und Literaturstudien zum Abschluß geführt zu werden.

Die induktive Methode verbannt die deduktiven Schlüsse nicht etwa, sondern kann sie gar nicht entbehren, läßt sie aber im allgemeinen erst auf die induktiven Schlüsse folgen. Deduktive Ableitungen werden nie fehlen, werden manchmal sogar, allerdings der strengen Methode zuwider, der Induktion voraneilen, sehr weit gehen und eine ziemlich geschlossene Form annehmen können. Schon *Powell* ist stark deduktiv, und *Gilbert* hat im fünften Kapitel seines berühmten Buches über die Henry Mountains eine umfassende deduktive Theorie der Erosion und Abtragung gegeben. In *Richthofens* Lößtheorie und noch mehr in seiner Theorie der Abrasion finden sich deduktive Elemente, und sein Führer für Forschungsreisende ist voll von deduktiven Ableitungen. *Philippsons* Beitrag zur Theorie der Erosion, der sich an seine Untersuchung der Wasserscheiden anschließt, ist ganz deduktiv. Ich persönlich habe bei meinen Studien über die sächsische Schweiz sehr viel, an einigen Stellen wohl zu viel, deduktiv gedacht, auch *Passarge* hat große Deduktionen, und so ließen sich die Beispiele häufen. Aber man kann das Wesen

dieser Deduktion dahin bestimmen, daß sie im ganzen reproduktiv ist, d. h. daß sie den Zusammenhang der Erscheinungen erst dann aus inneren Gründen aufbaut, wenn der Nachweis des Zusammenhanges durch Beobachtung geliefert ist. Erst nachdem der Nachweis für die Erosionsnatur der Täler geliefert worden war, ist die Theorie der Erosion ausgebildet, ist die Erosionsnatur aus den Gesetzen der Bewegung des fließenden Wassers abgeleitet worden, und heute, nachdem die Theorie durchgebildet ist, beginnt die Untersuchung in jedem einzelnen Falle mit einer auf Beobachtung begründeten Diagnose. Ehe man eine langgestreckte Hohlform als ein Gebilde der Erosion auffaßt, untersucht man, ob sie auch wirklich die Merkmale eines echten Tales zeigt und nicht ein unechtes Tal oder ein Graben oder eine tektonische Mulde ist. Man sucht in Talterrassen, Talwindungen usw. nach unmittelbaren Beweisen für die Erosionsnatur des Tales, ehe man sich zufrieden gibt. Ehe man eine Landstufe für ein Gebilde festländischer Abtragung erklärt, muß man ihre Entstehung durch Verwerfung oder durch Meeresbrandung ausschließen, indem man nachweist, daß deren Merkmale nicht vorhanden sind, und muß man in der Gesteinszusammensetzung die geeigneten Bedingungen für die Bildung der Landstufe nachweisen.

Auch *Davis*' ältere Arbeiten, die um einige Jahre jünger als die genannten morphologischen Arbeiten in Deutschland und Frankreich sind, haben im wesentlichen dieselbe Methode befolgt, und in seinem Buche über die erklärende Beschreibung der Landformen (S. 138 ff.) schildert er als Methode der morphologischen Forschung die übliche induktive Methode, die er allerdings für keine Induktion zu halten scheint, weil sich in ihr auch deduktive Erörterungen finden. Ein großer Teil der Deduktion in diesem Buche sowie in anderen zusammenfassenden Darstellungen ist nur scheinbar neue Forschung, tatsächlich nur deduktive Darstellung des von der Forschung vorher auf induktivem Wege gewonnenen Ergebnisses. Aber allmählich ist *Davis*, vielleicht ohne es zu wissen und zu wollen, auch in der Forschung in die Deduktion hinübergeglitten oder hat wenigstens seine Anhängerschaft auf diesen Weg gewiesen. Die heutige Forschungsmethode der *Davis*schen Schule ist deduktiv, was ja von ihr meist auch anerkannt wird.

Als deduktiv gibt sie sich dadurch zu erkennen, daß die Formen zuerst durch Deduktion, d. h. durch Ableitung aus den wirkenden Kräften, aufgestellt und dann erst an der Wirklichkeit geprüft wer-

den; das Schema ist fertig, bevor es an die Wirklichkeit herangetragen, mit Wirklichkeit erfüllt wird. Auf dem internationalen Geographenkongresse in Genf rief *Davis* in einer Diskussion emphatisch aus: der Morphologe solle zuerst in ein dunkles Kämmerlein gehen und mit geschlossenen Augen denken, denken, denken; dann erst solle er in die Natur hinaus. Denselben Gedanken spricht er in seinem Buche wiederholt aus, und er beherrscht tatsächlich die Arbeitsweise seiner Schule. Wenn der Davisianer in die Landschaft hinaus kommt oder die Karte betrachtet, spricht er beim ersten Blick ein genetisches Urteil aus, weil er die Formen ja nur unter die vorhandenen Begriffe subsumiert; von einer unvoreingenommenen Feststellung der Eigenschaften und Merkmale ist nicht die Rede. Die Forschung in ihrem gewöhnlichen induktiven Verfahren beginnt mit einer Beschreibung, die nur die Tatsachen wiedergibt, die aber darum von jeder Theorie frei ist und ihre Gültigkeit behält, auch wenn die Theorie sich ändert; sie schreitet allmählich zur ursächlichen Auffassung fort, die genetischen Begriffe gehen durch allmähliche Reinigung und Schärfung aus den ursprünglich rein empirischen Begriffen hervor. Die *Davis*sche Schule mit ihrer deduktiven Methode dagegen fängt sofort mit der ursächlichen Auffassung an, stellt die genetischen Begriffe in Gedanken auf und trägt sie in die Natur hinein; sie setzt, wie *Rühl*[1]) es ausdrückt, den Forscher in den Stand, bei seinen Untersuchungen im Felde ganz systematisch vorzugehen (wobei statt „systematisch" eigentlich „schematisch" zu lesen ist). „Ist diese Arbeit einmal vollendet, dann wird man tatsächlich jede Oberflächenform, die in der Natur entgegen tritt, in irgend eine Reihe einzuordnen vermögen." So gewinnt man schnell fertige Erkenntnis; es ist nur zweifelhaft, ob diese etwas wert ist; denn ihre Richtigkeit steht und fällt mit der Richtigkeit der Deduktion.

2. Kritik der deduktiven Methode von Davis.

Da die deduktive Methode in der Errichtung eines Gebäudes von Begriffen besteht, die dann an der Wirklichkeit geprüft werden, so muß die Kritik erstens auf die Ableitung der Begriffe, zweitens auf die Sorgfalt der Prüfung gerichtet sein. Hierbei handelt es sich nur um die Methode, d. h. um den Weg zur Theorie, nicht um diese selbst, die für sich zu prüfen ist.

1) Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung Bd. VI S. 129f.

Das erste Erfordernis jeder deduktiven Theorie ist Klarheit und Bestimmtheit der Begriffe, und gerade daran läßt es die *Davis*sche Schule vollständig fehlen.

Der Begriff, der von ihr immer zuerst angewandt wird und den ganzen Gedankengang beherrscht, ist der Begriff des Lebensalters, also ein Begriff der organischen Natur. Die Zurückführung von Vorgängen der anorganischen Natur auf Lebensvorgänge gehört, worauf ich schon bei der Betrachtung des Alters und der Form der Täler (S. 62) hingewiesen habe, der Mythologie und höchstens gewissen Naturphilosophien, aber nicht der Wissenschaft an. Gegen einen gelegentlichen Vergleich ist nichts einzuwenden; aber wenn man diesen Vergleich der ganzen Betrachtungsweise zu Grunde legt und die Terminologie darauf begründet, läßt man sich leicht zu der Meinung verführen, wirkliche Erkenntnis zu besitzen. Ein Vergleich ist noch keine Erklärung. Die Lebensalter gehen aus einander hervor, ohne daß wir den Vorgang des Alterns im einzelnen erkennen; bei Umwandlungen der anorganischen Natur dagegen muß der Vorgang der Umwandlung im einzelnen verfolgt und durch Zurückführung auf physikalische und chemische Gesetze erklärt werden. Daran fehlt es aber ganz. Die Eintiefung der Täler durch die Arbeit des fließenden Wassers und die Abschrägung der Hänge durch die Abspülung und das Kriechen werden nicht als physikalische Vorgänge aufgefaßt, sondern sind lediglich geometrische Konstruktionen, die sich im Laufe der Zeit, schneller oder langsamer, von selbst vollziehen und ohne weitere Erklärung als Vorgänge des Alterns aufgefaßt werden. Man empfindet offenbar gar nicht, daß die Erklärung durchaus nicht einfach, sondern sehr schwierig ist, wie denn *Richthofen* und *Philippson* die Möglichkeit des Vorganges überhaupt leugneten; man beachtet gar nicht, daß er je nach den Umständen auf ganz verschiedene Art erfolgt. Ich kann mir nicht denken, daß *Davis* die Umgestaltung der Erdoberfläche im Ernste für einen Lebensvorgang hält; aber dann dürfte er auch nicht mit dem Vorgange des Alterns arbeiten, ohne ihn physikalisch oder chemisch zu begründen.

Davis führt neben den drei Hauptbedingungen der Form der Erdoberfläche: Struktur, Vorgang und Alter oder Stadium, sekundär die Textur und das Relief an. Ich habe vergeblich nach einer klaren Äußerung darüber gesucht, in welchem Verhältnisse diese beiden Begriffe zu den drei erstgenannten stehen, ob sie aus jenen abzu-

leitende Folgebegriffe oder selbständige Ergänzungsbegriffe sind. Das macht aber für das theoretische Gebäude einen erheblichen Unterschied aus. Struktur ist ungefähr dasselbe, was wir gewöhnlich als inneren Bau bezeichnen, und bedeutet die Lagerungsweise und Beschaffenheit der Gesteine. Unter Vorgängen sind die Vorgänge der Abtragung gemeint. Wohin aber eigentlich die einen neuen Zyklus begründenden Hebungen oder auch Senkungen und die als „Komplikationen" aufgefaßten vulkanischen Ausbrüche usw. gehören, wird nirgends klar gesagt.

Am zweideutigsten ist der Begriff des Alters (vgl. Kap. V u. VII).[1]) In dem Aufsatze über den geographischen Zyklus vom Jahre 1889, in dem *Davis* seine Theorie zum ersten Male zusammenfassend entwickelte, und der zunächst als maßgebend angesehen werden mußte, wird als dritter Grundbegriff der Theorie unmißverständlich die Zeit (*time*) hingestellt (Essays S. 249); heute werden die Kritiker, die sich daran halten, als unwissend und böswillig gescholten, denn an die Stelle der Zeit ist stillschweigend der Begriff des Alters gesetzt worden, der nicht mehr die Länge der seit Beginn der Erosion abgelaufenen Zeit, sondern die Entwickelungsstufe bedeuten soll und, außer von der Länge der verflossenen Zeit, von der durch die Größe der Kraft und namentlich die Stärke des Widerstandes bedingten Schnelligkeit des Verlaufes abhängt.[2]) Dadurch wird den sachlichen Bedenken gegen die übertriebene Wertschätzung der Zeit Rechnung getragen, dafür verliert aber der Begriff die logische Bestimmtheit, deren er als ein Grundbegriff einer deduktiven Theorie bedarf. Denn da drei verschiedene Dinge: die Zeit, die Größe der wirkenden Kraft und die Stärke des Widerstandes, in ihm vereinigt sind, ist er überhaupt kein genetischer Begriff mehr, sondern lediglich ein Begriff der empirischen Beschreibung, der erst in seine drei Bestandteile zerlegt werden muß, um eine Erklärung zu geben. Bestandteile der beiden Begriffe Struktur und Vorgang, die in der Theorie neben dem Altersbegriffe stehen, werden in diesen übernommen und kommen daher zweimal in die Rechnung.

1) In *Davis-Brauns* Grundzügen der Physiogeographie, die als ein für den Anfänger bestimmtes Lehrbuch doch sicher die Pflicht genauen Ausdrucks hätten, wird S. 83 (2. Aufl. S. 4) erklärt, daß der Erosionszyklus kein fest umrissener Zeitabschnitt sei, S. 84 (2. Aufl. II S. 5) dagegen die abgelaufene Zeit gleich dem Stadium gesetzt, bis zu dem die abtragenden Vorgänge fortgeschritten sind.

2) Essays S. 249.

Auch der eine so große Rolle spielende Begriff des Zyklus (vergl. S. 61 f.) ist nicht klar. Er bezieht sich ursprünglich und hauptsächlich auf den Neubeginn der Erosion nach einer Hebung und will besagen, daß der Lebenslauf von neuem beginnt. Der Ausdruck, der den vorhandenen Ausdruck Periode ersetzt, ist sprachlich kaum gut, da von einem Kreislaufe nicht die Rede ist. *A. v. Böhm* hat die Hebung passend mit dem Aufziehen einer Uhr verglichen: wie man eine Uhr in jedem beliebigen Zeitpunkte des Ablaufes neu aufziehen kann, so kann die Hebung den Ablauf der Abtragung in jedem beliebigen Augenblicke unterbrechen; aber es macht einen gewaltigen Unterschied aus, ob es nur zur Bildung eines etwas verbreiterten Talbodens gekommen oder ob das Land über die ganze Fläche eingeebnet war. Und kann man den Begriff anwenden, wenn der Einebnung eine Meerestransgression gefolgt ist? Kann man ihn anwenden, wenn die Hebung unregelmäßig erfolgt, in Faltung übergeht oder wenn die Hebung durch Senkung ersetzt wird? Das sind auch Erneuerungen und Umbildungen des Abtragungsvorganges, aber von ganz anderer Art, die im Schema keine Stelle gefunden haben.

So fehlt dem *Davis*schen Lehrgebäude die Klarheit der Begriffsbildung. Man wird mir einwenden, daß das bei anderen morphologischen Auffassungen auch der Fall sei. Aber es ist eben etwas ganz anderes, ob ein induktives Verfahren die Begriffe aus den Tatsachen gewinnt und um ihre Klarstellung ringt, oder ob ein deduktives Verfahren von den Begriffen ausgeht und das Gebäude darauf aufbaut. Das kann es nur, wenn die Begriffe klar und bestimmt gebildet sind.

Die zweite Bedingung für die Solidität des Gebäudes ist die richtige Wahl der Bausteine der Theorie: die zu Grunde gelegten Begriffe müssen brauchbar und in ihrem Werte richtig abgeschätzt sein: wissenschaftliche Theorien kommen oft dadurch zu Fall, daß sich ihre grundlegenden Begriffe als falsch oder doch nicht hingehörig erweisen. Für die *Davis*sche Theorie charakteristisch ist die starke Betonung des zeitlichen Ablaufes und des Alters; denn die Begriffe der Struktur und des Vorganges sind ebenso und in reicherer Ausgestaltung in den bisherigen Theorien enthalten. Es handelt sich also darum, ob der Zeit und dem Alter wirklich diese Bedeutung zukommt. Wir haben schon, sowohl bei der Erörterung vieler Einzelfragen, namentlich der Form der Täler, wie in unserem Gesamturteil über die *Davis*sche Theorie, gesehen, daß die Formen der Erdoberfläche zwar von der Zeit abhängen, während deren die Kräfte

bereits wirksam sind, und daß die Umbildung im Laufe der Zeit ein großes Ausmaß erreichen kann; aber auch, daß wichtiger als die verschiedene Dauer der umbildenden Vorgänge deren verschiedene Art ist, daß man nicht als auf einander folgende Entwicklungsstufen auffassen darf, was tatsächlich neben einander liegende Zustände sind. Die Zeit wird also über-, die Verschiedenartigkeit sowohl des inneren Baus wie der bei der Umbildung tätigen Vorgänge werden unterschätzt. Sie sind im Schema beide enthalten, spielen aber in dessen Ausbildung nicht die Rolle, die ihnen zukommt, und sind viel zu schablonenhaft: statt der großen Mannigfaltigkeit der wirklichen Gesteine und ihrer Lagerungsverhältnisse tritt nur der schematische Unterschied von hart und weich, statt der Mannigfaltigkeit und in jedem Klima verschiedenen Art der umbildenden Vorgänge treten wenigstens im sog. normalen Zyklus nur die Erosion des fließenden Wassers und eine schematisch gedachte Abschrägung der Hänge in die Rechnung ein. Die Unterscheidung eines glazialen und eines ariden Zyklus vom normalen oder fluviatilen Zyklus genügt bei weitem nicht, um die klimatische Mannigfaltigkeit der Vorgänge zu erfassen. Die deduktive Forschung kann eben die verschiedene Art der Vorgänge nicht bemeistern.

Die Bevorzugung des quantitativen Faktors der Dauer des Vorganges vor seiner Verschiedenartigkeit ist kein Zufall, sondern die Voraussetzung für die deduktive Betrachtung überhaupt: jene läßt sich deduktiv ableiten, diese nur durch Beobachtung erkennen. Damit hängt der wesentlich geometrische Charakter der Theorie an Stelle einer mehr physiologischen, auf die Art der Vorgänge gerichteten Betrachtung zusammen. Die *Davis*sche Theorie ist in ihrer ersten Ausbildung eine Theorie der Erosion des fließenden Wassers gewesen, die sich ja rein mechanisch und, wenn man den Mechanismus als gegeben annimmt, geometrisch fassen läßt. Das ist für sie „der normale Zyklus". Die Auffassung der Arbeit des fließenden Wassers selbst wird im wesentlichen richtig sein. Aber für die Ausbildung der Talhänge genügt selbst bei der Beschränkung auf das Klima der gemäßigten Zone die geometrische Konstruktion nicht; denn ganz abgesehen davon, daß der Einfluß der Widerständigkeit des Gesteins auf die Abschrägung der Hänge größer ist als der der Zeitdauer, und daß darum an die Stelle der Zeit die Entwickelungsstufe treten mußte, so geht bei dieser geometrischen Konstruktion die Mannigfaltigkeit der Formen ganz verloren, von denen

die Physiognomie der Landschaft vorzugsweise abhängt. Für die Ausbildung der Formen abseits der Flußlinien fehlt das Verständnis; sie hat keinen Platz im deduktiven Schema. Das *Davis*sche Landschaftsbild ist von tödlicher Leere und Langweiligkeit; für die geographische Auffassung genügt es nicht. Und wenn das schon vom „normalen" Zyklus gilt, so gilt es noch mehr vom glazialen, ariden und marinen Zyklus, d. h. von der Bodengestaltung der ehemals vergletscherten Landschaften, des Trockenklimas, der Küsten. Die an der Betrachtung der Erosion des fließenden Wassers ausgebildete Theorie versagt hier, das Werkzeug der Deduktion zerbricht, die Gebäude bleiben Stückwerke. Weder die Arbeit der Gletscher noch die des Windes und der Eintagsflüsse können wir deduktiv fassen. Die Möglichkeit der Gletschererosion ist seiner Zeit in einer mathematisch-physikalischen Untersuchung von *Zöppritz* geleugnet worden; von *Davis* wird sie jetzt einfach als Tatsache hingenommen und die Deduktion darauf aufgebaut. Ähnlich steht es mit der Abtragung in Trockengebieten; ihre Kenntnis beruht auf induktiver Forschung, die deduktive Ableitung der Entwicklungsstufen ist schematisch und inhaltsleer.

Die geometrische Auffassung, die sich um die physikalische Natur des Vorganges nicht weiter kümmert, diesen, ich möchte sagen, automatisch verlaufen läßt, verleitet auch dazu, die Vorgänge mit einer Leichtigkeit sich vollziehen zu lassen, die der Wirklichkeit nicht entspricht. Es gibt kaum etwas Einfacheres, als durch geometrische Konstruktion aus einem Tal eine Fastebene (Peneplain) hervorgehen zu lassen; in der Natur aber ist das ein gewaltiger Vorgang, der ungeheuere Zeiträume in Anspruch nimmt, weil die Abtragung um so langsamer vor sich geht und um so schwächer wird, je weiter sie schon vorgeschritten ist und je mehr sie sich dem Endziele der Fastebene nähert. Vielleicht kann festländische Abtragung in unserem Klima zu einer Einebnung führen; aber dieser Vorgang wird nur selten eingetreten sein; darum habe ich große Bedenken gegen die Leichtigkeit, mit der man ohne zwingenden Grund und ohne Stütze in beobachteten Tatsachen zur Annahme von Fastebenen greift, bloß weil sie eine bequeme Hilfskonstruktion für die Anwendung des Erosionsschemas sind. Die Forschung muß immer zuerst die einfachste Annahme machen; aber die einfachste Annahme ist, wie ich schon in dem Aufsatze über Rumpfflächen hervorgehoben habe, nicht die für die Erklärung leichteste, sondern die, die der Natur am

wenigsten zumutet, und das ist die Annahme einer vollständigen Einebnung des Landes sicher nicht.

Somit ergibt sich uns als das Ergebnis unserer Prüfung der *Davis*schen Deduktion: die Begriffe, von denen sie ausgeht und mit denen sie arbeitet, ermangeln der Klarheit und Bestimmtheit; die Bausteine für den Aufbau des morphologischen Lehrgebäudes sind falsch gewählt und nicht vollständig zusammengetragen; die geometrische Konstruktion an Stelle einer physiologischen liefert nur das Gemäuer, nicht aber das fertige Haus, in dem man wohnen kann, und auch das Gemäuer nur in Landschaften fluviatiler Erosion, nicht aber in anderen Landschaften; um die für die deduktive Betrachtung nötige Grundlage zu gewinnen, werden der Natur ungeheuere Leistungen zugemutet.

Die Entscheidung über den Wert der Deduktion liegt bei der Prüfung der durch sie gewonnenen Erkenntnisse durch den Vergleich mit der Wirklichkeit. Man muß dabei natürlich scharf unterscheiden zwischen Erkenntnissen, die in Wahrheit induktiv gewonnen worden sind und nur nachträglich deduktive Form bekommen haben, und solchen Erkenntnissen, zu denen die Deduktion selbst geführt hat. Nur um diese handelt es sich natürlich. Die aus einer hypothetischen Ursache abgeleiteten Erscheinungen müssen mit der Wirklichkeit übereinstimmen; aber selbst dann ist noch nicht gesagt, daß die Deduktion richtig ist, denn dieselbe Wirkung könnte durch ganz andere Vorgänge zu Stande gebracht worden sein. Wie lange hat manche physikalische Theorie Gültigkeit gehabt, um sich doch als falsch zu erweisen! Allerdings werden in der morphologischen Wirklichkeit verschiedene Ursachen kaum identische Wirkungen haben — das wäre ein großer Zufall —; aber die Wirkungen können einander sehr ähnlich sein, so daß sie bei flüchtiger, nicht ganz eindringender Betrachtung verwechselt werden. Die Prüfung der Theorie muß also, um sicher zu sein, mit einer scharfen Diagnose verbunden werden; jeden einzelnen Schritt der Deduktion muß man an den Tatsachen auf seine Richtigkeit prüfen. Beispielsweise genügt es für die Aufstellung einer ehemaligen Fastebene nicht, daß man mit ihrer Hilfe das heutige Gewässernetz leicht erklären kann, sondern ihr Dasein muß direkt nachgewiesen werden. Die Diagnose der behaupteten Fastebenen oder Rumpfflächen (Kap. VI), hat uns gezeigt, daß nur ein Teil davon wirklich existiert hat, für die Existenz der anderen dagegen der Beweis fehlt, und daß sie

wahrscheinlich nur Gedankengebilde sind. Die großen Längstäler der Alpen mögen nachträglich (subsequent) in Zonen geringerer Widerständigkeit ausgebildet worden sein; aber man darf zweifeln, ob sie es tatsächlich sind.

Die morphologische Jugend und auch mancher Ältere sind unter dem Eindrucke der *Davis*schen Methode und Theorie von einem ähnlichen Rausche ergriffen worden wie seiner Zeit unter dem Eindrucke von *Peschel*s neuen Problemen. Die Eleganz der deduktiven Ableitung und die Leichtigkeit, mit der scheinbar Ergebnisse gewonnen werden, gegenüber der Schwerfälligkeit, die der soliden Induktion leicht anhaftet, zusammen mit *Davis'* unleugbar großem didaktischen Geschick machen diesen Rausch psychologisch begreiflich. Aber ich habe den Eindruck, als ob er doch schon etwas verflogen sei, und der Katzenjammer kann nicht ausbleiben. Der Weg der Wissenschaft ist nun einmal lang und dornenvoll; sie läßt sich nicht luftig in die Höhe bauen.

Um das deduktive Verfahren zu retten, könnte man die Fehler der *Davis*schen Deduktion auf das persönliche Konto des Meisters setzen wollen; aber wenn ein gescheiter Mann, der seine ganze Kraft dem Unternehmen widmet, damit scheitert, so ist das ein schlimmes Zeichen für das Unternehmen selbst. Die Deduktion ist ein sicherer Weg der Erkenntnis nur in abstrakten Wissenschaften, wie der mathematischen Physik, in denen die Zahl der in Betracht kommenden Ursachen und Bedingungen gering, und in denen die Ableitung quantitativ ist, also mit Hilfe der Mathematik erfolgen kann. Schon in der Chemie spielt sie eine viel geringere Rolle, und in den konkreten Erfahrungswissenschaften, in denen in jedem einzelnen Falle noch unbekannte Ursachen und Bedingungen in Betracht kommen und nur ausnahmsweise eine rohe quantitative Betrachtung möglich ist, tritt sie ganz in den Hintergrund; hier muß sie sich in das induktive Verfahren einfügen und kann nur Hilfsdienste leisten, die Gedanken klären und zu schärferer Beobachtung und Diagnose der Erscheinungen anregen. Das gilt von der Morphologie der Erdoberfläche. Einzelne Gedanken der deduktiven Theorie werden überleben; aber das Gebäude wird einstürzen. Man wird die Deduktion unter Umständen als Methode der Darstellung anwenden dürfen; aber als Forschungsmethode ist sie gerichtet. Nur solide induktive Forschung kann zum Ziele führen.

II. Die Methode der Darstellung.

1. Der Gang der Darstellung.

Neben der morphologischen Forschung bedarf auch die morphologische Darstellung der Untersuchung, zumal da sie von *Davis* stark in den Vordergrund gerückt worden ist; sein ganzes Lehrgebäude ist ja eigentlich auf eine besondere Darstellungsform zugespitzt, die er erklärende Beschreibung nennt. Ich will aber bei dieser Untersuchung nicht, wie *Davis*[1]), auf rein didaktische Fragen eingehen und etwa erörtern, auf welche Weise sich der Vortragende in ein günstiges Licht bei den Zuhörern setzt, sondern will die Frage als ein Problem der Wissenschaftstheorie behandeln. Damit will ich natürlich nicht sagen, daß man die äußere Form vernachlässigen solle; aber sie kann erst in zweiter Linie stehen, die Hauptsache ist die Logik.

Je nach dem Stande der Wissenschaft und dem Zwecke der Darstellung kann sie nur auf die Tatsachen gerichtet, Beschreibung im engeren Sinne des Wortes, oder auf die Ursachen gerichtet, Erklärung, sein. *Davis* glaubt allerdings, indem er mit seinem fertigen, deduktiv gewonnenen Schema an die Wirklichkeit herantritt, diese sofort erklären oder genetisch beschreiben zu können; wir anderen beginnen mit der Wiedergabe der Beobachtung, also der Beschreibung der Tatsachen, diesen selbständigen Wert beilegend, und gehen erst auf Grund sorgfältiger Untersuchung zu ursächlicher Auffassung über. Das Recht des *Davis*schen Verfahrens steht und fällt mit der Anwendbarkeit der deduktiven Forschungsmethode. Wenn diese zu sicheren Ergebnissen führte, so wäre damit auch das Recht einer von vornherein erklärenden Beschreibung begründet. Einer so mannigfaltigen und gewaltigen Wirklichkeit gegenüber, wie es die Form der Landoberfläche ist, versagt sie. Sie täuscht ein Wissen vor, das wir nicht haben, und führt zu wissenschaftlicher Unsolidität. Wir haben es hier darum nur mit der Darstellung der durch induktive Forschung gewonnenen Erkenntnis zu tun. Dabei handelt es sich nicht um die anfängliche Beschreibung, die zur Forschung gehört, sondern nur um die Form, in der die Ergebnisse der Forschung mitzuteilen sind.

Unter den sechs Methoden der Darstellung, die Davis aufzählt,

---

1) Erklärende Beschreibung der Landformen S. 381 ff.

nennt er eine die historische und meint damit eine Geschichte der wissenschaftlichen Behandlung des Problems. Er spricht ziemlich geringschätzig davon und weist sie mehr der Geschichte zu. Selbstverständlich gehört die Geschichte der Probleme zunächst in die Geschichte der Wissenschaft; aber auch die sachliche Behandlung eines Problems kann durch dessen geschichtliche Darstellung sehr gewinnen. Wenn viele Forscher ihrer positiven Untersuchung eine Dogmengeschichte vorausschicken, um diesen theologischen Ausdruck zu übernehmen, so ist das, richtig gehandhabt, kein Ballast, sondern fließt aus der Überzeugung, daß dadurch das Verständnis für das Problem selbst geschärft wird. Der einzelne Mensch ist nicht so gedankenreich, wie er sich manchmal einbildet zu sein; ein gut Teil von dem, was er selbständig zu denken meint, ist unbewußte Entlehnung, ein Gedanke entzündet sich an dem anderen. Wir alle leben, bewußt oder unbewußt, von der geschichtlichen Entwicklung unserer Wissenschaft, erwägen dieselben Probleme, die andere vor uns erwogen haben, machen die gleichen Beobachtungen, ziehen die gleichen Folgerungen; und wenn wir anders beobachten oder anders folgern, so können darin Fehler enthalten sein, es kann aber auch ein anderer, vorher vernachlässigter Gesichtspunkt zum Ausdrucke kommen. Die Behandlung eines Problems entwickelt sich immer in einer gewissen Folgerichtigkeit. Sie beginnt mit dem nächstliegenden Gedanken, dann kommen Bedenken, eine Zeit lang schiebt sich vielleicht der entgegengesetzte Gedanke in den Vordergrund, dann kommt es zu einem Kompromiß oder zu einer Vereinigung zwischen den berechtigten Bestandteilen der beiden Meinungen. Damit kann das Ziel erreicht sein, oder es können sich neue Schwierigkeiten erheben. Eine Darstellung dieses Streites der Meinungen, die nicht an Äußerlichkeiten hängen bleibt, sondern das Wesen der Dinge erfaßt, wird daher eine sehr gute Grundlage der Forschung abgeben, wird zeigen, wo diese erfolgreich weiter schreiten kann, und welche Lösungsversuche Sackgassen sind. Sie dient auch der wissenschaftlichen Gerechtigkeit, da sie manche Gedanken, die sich als neu geben, schon bei alten Autoren nachweist. Gerade bei der kritischen Auseinandersetzung mit der modernen Morphologie ist mir immer wieder der Wunsch nach einer kritischen Geschichte der Morphologie gekommen, die trotz ihrer Jugend doch schon eine reiche Entwicklung hinter sich hat. *Davis* tritt mit der ganzen Naivität des Amerikaners in die Welt, der meint, daß die Weltgeschichte erst

mit Amerika und ihm beginne, und der nicht ahnt, welche Gedanken die Welt schon vor ihm gehabt hat. Es ist bedauerlich, daß ihm so viele jüngere deutsche Morphologen nachbeten und den Sinn für die Geschichte der Wissenschaft so ganz vermissen lassen, daß sie aus Unkenntnis auf die bisherige Wissenschaft hochmütig herabsehen und für neu halten, was alter Besitz der Wissenschaft ist.

Neben der geschichtlichen Darstellung des Problems steht die Methode, die *Davis* die erzählende nennt, d. h. der Bericht über den Gang der eigenen Forschung, was in der Geographie meist der Reisebericht sein wird. Gibt jene Darstellungsweise die objektive, so gibt diese die subjektive Entwicklungsgeschichte des Problems. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wird diese allerdings gerade bei geographischen Untersuchungen ziemlich äußerlich verlaufen sein, da sie sich aus den Reisewegen des Verfassers ergibt. Die Form des Reiseberichtes ist daher wohl nur dann am Platze, wenn es sich mehr um die Mitteilung einzelner Beobachtungen handelt und keine Zusammenfassung unter bestimmten wissenschaftlichen Gesichtspunkten beabsichtigt wird. Hierfür muß sie bei Seite treten. Nur bei Forschungen von besonders großer Bedeutung ist es von Interesse, zu verfolgen, wie die Idee im Reisenden aufgekeimt und allmählich zu voller Blüte erwachsen ist — so ist es reizvoll und auch lehrreich für die Kritik, in *Richthofens* Tagebüchern die allmähliche Entwicklung seiner Lößtheorie zu verfolgen.

Von der Darstellung der objektiven und der subjektiven Entwicklungsgeschichte abgesehen, die eine Art Propädeutik sind, kann man mit den Logikern zwei Darstellungsmethoden unterscheiden: die analytische und die synthetische.

Die analytische oder methodische Darstellung geht von der Wirklichkeit aus, wie sie uns die unmittelbare Beobachtung bietet; sie beschreibt diese durch das Wort oder in Karte und Bild und besteht in wissenschaftlicher Zergliederung. Man muß dabei zwischen elementarer und kausaler Analyse unterscheiden, d. h. der Zerlegung in die Bestandteile und der Zurückführung auf die Ursachen. Die analytische Darstellung bildet also die induktive Untersuchungsmethode nach, reproduziert mehr oder weniger den Gang der Forschung. Diese Nachbildung braucht nicht sklavisch zu sein; denn die Forschung hängt immer von zufälligen Umständen ab, und gerade die geographische Forschung, wenigstens soweit sie Reiseforschung ist, muß die Objekte in der Reihenfolge nehmen, wie sie

sich auf dem Reisewege bieten. Auch die Gedanken als solche machen, von falschen Eindrücken oder Vorurteilen geleitet, manche Umwege. Diese können gelegentlich psychologisches Interesse haben; aber im allgemeinen wird die Darstellung sie abkürzen und geradeaus auf das Ziel losgehen.

Der große Wert der analytischen Methode liegt darin, daß sie den Leser oder Hörer an den Schlüssen beteiligt, die den Verfasser zu seinen Ergebnissen geführt haben, und ihm damit zugleich ein Urteil darüber möglich macht, ob die Schlüsse richtig sind, ihn auch einen Blick in seine Beobachtungen tun läßt. Es ist mir unverständlich, wie *Davis* sagen kann, sie sei nur angebracht für einen Hörerkreis, der die Ergebnisse des Redners kritiklos hinzunehmen wünsche. Wenn dieser, wie *Davis* es empfiehlt, seine Ergebnisse an den Anfang stellt, so sieht der Hörer zwar das Ziel vor sich, läßt aber die Beobachtungen nicht mehr unbefangen auf sich wirken, sondern betrachtet sie von vornherein mit einem günstigen oder ungünstigen Vorurteil, je nachdem ihm das Ergebnis zusagt oder nicht. Die analytische Darstellung [1]) ist die gegebene Form der Darstellung neuer Untersuchungen und hat auch für die Lehre Vorzüge. Wenn es sich jedoch nicht um ein einzelnes Problem, sondern um eine Reihe mit einander verbundener Probleme handelt, so wird bei durchgeführter analytischer Darstellung der innere Zusammenhang der Erscheinungen verdeckt; um ihn herauszuarbeiten, muß der Analyse die Synthese folgen.

Die synthetische oder systematische Darstellung steht neben der analytischen. Sie verzichtet darauf, die Untersuchung nachzubilden und den Leser oder Hörer von der Beobachtung aus den Weg zur Erkenntnis zu führen; sie gibt die Beweise nur in der Form von Einschaltungen oder Anmerkungen. Sie baut die Wirklichkeit auf Grund des inneren Zusammenhanges der Dinge auf und schlägt somit einen ähnlichen Weg wie die deduktive Untersuchungsmethode ein, mag die Untersuchung nun deduktiv oder induktiv ge-

---

1) *Davis* unterscheidet induktive und analytische Methode der Darstellung. Unter jener versteht er Induktion im engsten Sinne des Wortes, jeder Hypothese und Deduktion bar. Eine solche Induktion gibt es überhaupt kaum, sie ist nur eine besonders rohe Form der analytischen Darstellung. Diese empfiehlt er zur Ergänzung der systematischen Darstellung; er selbst hat sie in seiner Darstellung des Berglandes von Wales in ermüdender Breite angewandt.

wesen sein. Dadurch geht ihr die eigentliche Überzeugungskraft ab; der Leser oder Hörer wird in ein fertiges Gebäude geführt und muß sich sagen, daß dieses auch anders sein könnte; denn er hat es ja nicht entstehen sehen. Darum ist diese Methode der Darstellung für die Mitteilung einer Untersuchung bedenklich, und doppelt bedenklich, wenn sie dazu verleitet, die Untersuchung deduktiv zu führen. Das Gebäude sieht sich schön an; aber es mag brüchig sein. Synthetische Darstellung ist immer erst am Schlusse der Untersuchung oder als Zusammenfassung einer Mehrzahl von Untersuchungen am Platze. Dann allerdings ist sie nicht nur möglich, sondern nötig, weil eben nur sie den inneren Zusammenhang der Erscheinungen zur Anschauung bringen kann; sie ist die gewiesene Darstellungsform des Lehrgebäudes.

2. Beschreibung und Erklärung.

Alle Formen der festen Erdoberfläche sind Tatsachen und müssen als solche aufgefaßt und zur Anschauung gebracht werden. Diese Aufgabe wird in einer Übertreibung des Kausalitätstriebes oft versäumt. Das mag in der menschlichen Natur liegen. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß der Studierende, bevor er eine strengere Schule durchgemacht hat, die Frage nach dem Wie eines Dinges meist mit der Erklärung des Warum beantwortet. Dieser selbe Fehler macht sich auch in der Wissenschaft breit, und die *Davis*sche Schule erhebt ihn zum Grundsatz. Man kann lange Abhandlungen und Bücher lesen, ohne daraus entnehmen zu können, wie die Dinge, von denen die Rede ist, eigentlich aussehen. Die Beschreibung, d. h. die Wiedergabe der Tatsachen, kann — so geschieht es in der analytischen Darstellung — am Anfange oder, in der synthetischen Darstellung, als Ergebnis des Werdens und Krönung des Lehrgebäudes, am Schlusse stehen, darf aber in keinem Falle fehlen. Sie darf sich nicht in Kleinigkeiten und Nebensachen zersplittern, sondern muß das Wesentliche treffen, muß anschaulich sein, so daß die Form des Landes möglichst deutlich vor dem geistigen Auge steht und auch die vielleicht weniger sichtbaren, aber wegen ihrer Wirkungen wichtigen Eigenschaften klar erfaßt werden. Die wissenschaftlichen Ausdrucksmittel sind immer daraufhin zu prüfen, ob sie diesen Anforderungen genügen. Bei den Beschreibungen nach der *Davis*schen Methode scheint mir das nicht der Fall zu sein. Nicht nur daß der in der Art der Kleinformen begründete Baustil der Land-

schaften gar nicht zum Ausdrucke kommt, wird auch der Bauplan nur in einfacheren Fällen deutlich. Die Bezeichnung nach dem Alter entbehrt allerdings einer gewissen Anschaulichkeit nicht — sie hat nur den kleinen Fehler, daß sie falsch ist —; aber durch die hypothetischen Peneplains und die imaginären Zyklen geht die Anschaulichkeit verloren. Man sehe einmal zu, ob man aus *Brauns* Buch über Deutschland, das man als die länderkundliche Probe der *Davis*schen Darstellungsweise ansehen kann, eine deutliche Vorstellung etwa von deutschen Stufenlandschaften gewinnt oder ob man zu diesem Zwecke nicht lieber zu einem der älteren Bücher greift.

Die zweite Aufgabe ist die Erklärung, d. h. die Darlegung der Ursachen der Landoberfläche. Alle Formen sind geworden: zwar gehört das Werden der Kleinformen meist der Gegenwart an und reicht nur bei einigen in die jüngere geologische Vergangenheit zurück; aber alle Großformen stammen aus der geologischen Vergangenheit und zeigen tektonische und klimatische Entwicklung. Nun läßt sich jeder Entwicklungsgedanke am leichtesten in der Form der geschichtlichen Erzählung nachbilden. Diese ist mit Recht die Darstellungsform der historischen Geologie oder Erdgeschichte; sie zeigt, wie die verschiedenartigen endogenen und exogenen Vorgänge verbunden sind oder zeitlich mit einander wechseln und wie sich daraus die Erdgeschichte ergibt. Wenn solche Entwicklungsreihen einer einzelnen Oberflächenform oder einer bestimmten Gegend in einer nach geologischen Perioden geordneten Gesamtdarstellung der historischen Geologie unter der Masse des Stoffes verschwinden, so können sie doch auch herausgenommen und auf die betreffende Form oder Gegend beschränkt werden. Die sog. regionale Geologie wendet meist diese Betrachtungsweise an. Als die Geographie vor einigen Jahrzehnten von rein beschreibender zu erklärender oder genetischer Auffassung überging, hat auch sie oft das Wesen der genetischen Darstellung in der geologischen Erzählung gesehen und die geologische Entwicklung der Landschaften in ihre länderkundliche Darstellung aufgenommen, wie ja vielen Geographen auch die genetische Auffassung der Völker, Staaten, Ansiedelungen usw. ohne geschichtliche Erzählung unmöglich erscheint. Dadurch verwischt man aber die Grenze der Geographie und der Geologie. Ganz abgesehen davon, daß die Geographie bei diesem Verfahren Forschungsergebnisse der Geologie übernehmen muß, auch ganz abgesehen davon, daß die geologische Entwicklung in vielen Fällen noch sehr zweifel-

haft ist, und daß so, oft ohne Not, Unsicherheit in die geographische Darstellung hineinkommt, so hat die Entwicklung als solche kein geographisches Interesse. Für die Auffassung der heutigen Beschaffenheit einer Gegend ist es meist ganz gleichgültig, ob gewisse Schiefer devonisch oder kambrisch, ob der Buntsandstein und der Keuper marinen oder festländischen Ursprunges sind; geographisch wichtig ist nur das Vorhandensein eines mächtigen Schichtenkomplexes von bestimmter Beschaffenheit. In dem methodischen Grundsatze, daß die Geographie nicht in geologische Erzählung auslaufen dürfe, sind also *Davis*[1]) und ich einig. Aber in der positiven Behandlung gehen unsere Wege aus einander. Jener meint, der Entwicklung der Formen am besten durch die Bestimmung ihres Alters und des Zyklus, in dem sie sich befinden, Herr zu werden; ich glaube, daß er sich darin einer Täuschung hingibt und daß seine Theorie des Alters und des Zyklus fehlerhaft ist. Beispielsweise läßt sich die Entwicklung der deutschen Mittelgebirge von der Karbonzeit an — die Ausbildung der permischen Rumpffläche ist ja der erste Zyklus — nicht in die Zyklustheorie einzwängen, weil dazwischen viele Ereignisse, nementlich die großen Transgressionen, liegen, die sich von ihr nicht fassen lassen und doch nicht übersprungen werden dürfen. Genetische Auffassung der Bodengestalt ohne geologische Erzählung ist nur möglich, wenn wir den inneren Bau als gegebene Tatsache hinnehmen und die ursächliche Betrachtung erst bei seiner Umbildung durch die Kräfte der Oberfläche einsetzen lassen. Die Unterscheidung ist nicht scharf; — wo sind denn überhaupt in der Natur scharfe Unterschiede? — aber im allgemeinen ist sie richtig und macht die genetische Auffassung der Oberflächengestaltung möglich.

Jede Beschreibung muß mit gattungsbegrifflichen Bezeichnungen oder, anders ausgedrückt, mit einer Klassifikation der Erscheinungen arbeiten. Sind die Gattungsbegriffe bei gewöhnlicher (elementarer) Beschreibung künstlich, d. h. nur auf Grund einzelner Merkmale gebildet, so treten an ihre Stelle weiterhin Typen, die zwar noch rein beschreibend sind, aber sämtliche Eigenschaften umfassen und dadurch die Grundlage genetischer Auffassung bilden, und schließlich eigentlich genetische Gattungsbegriffe, die auf die Verschiedenheit der Bildungsvorgänge begründet sind. Charakteristische Beispiele dieses Wandels der Klassifikation ließen sich z. B. den

1) Erklärende Beschreibung. Vorrede S. VII f.

Küstenformen entnehmen, und ähnlich ließen sie sich aus jedem anderen Kapitel der Morphologie anführen. Eine genetische Darstellung oder „erklärende Beschreibung" wird sich nach Möglichkeit solcher genetischer Gattungsbegriffe bedienen, muß sich aber dabei auf solche beschränken, die nach dem Stande unseres Wissens mit Sicherheit gebildet werden können; denn man darf — das muß immer wieder gegen die deduktive Betrachtung bemerkt werden — genetische Gattungsbegriffe nicht anwenden, bevor sie sicher sind. Da jede Form auf einer Mehrzahl von Bedingungen beruht, müssen diese auch nach ihrer Wichtigkeit abgeschätzt werden; denn um ihren Zweck guter Beschreibung zu erfüllen, müssen die Gattungsbegriffe aus den wichtigsten Eigenschaften gewonnen werden. Der Unterschied der *Davis*schen Klassifikation von der sonst üblichen besteht ja darin, daß sie das Alter statt der verschiedenen Art der Umbildung in den Vordergrund schiebt, und unser Widerspruch gegen die Theorie entspringt daraus, daß wir diese überragende Bedeutung des Alters nicht anerkennen.

Die geographische Formenlehre, deren Aufgabe die Charakteristik der Oberflächenformen in den verschiedenen Ländern und Landschaften der Erde ist, wird bei der Aufstellung ihrer Gattungsbegriffe immer auch darauf bedacht sein müssen, daß sie auf die Ursachen begründet werden und die Eigenschaften enthalten, die für verschiedene Länder und Landschaften charakteristisch sind. Sie müssen entweder aus dem inneren Bau der Länder oder aus ihrem Klima samt ihrer Wasserführung und Pflanzendecke herausgewachsen sein und die Oberflächenformen an die eine oder die andere dieser beiden Bedingungsreihen anknüpfen, wenn sie der geographischen Beschreibung gute Dienste leisten sollen. Nur dadurch kann man dazu kommen, alle Formen einer Gegend unter einem gemeinsamen Gesichtspunkte aufzufassen, sie zu einem Formenschatze zu vereinigen, der ihr eigentümlich ist und sie von anderen Gegenden unterscheidet. Auch nur dadurch wird man in der Klassifikation der Oberflächenformen das Mittel zu vergleichender Auffassung ihrer Verbreitung über die Erde gewinnen.

III. Terminologie.

Jede Wissenschaft hat das Bedürfnis nach technischen Ausdrükken, mit deren Hilfe sie die Erscheinungen kurz und doch deutlich bezeichnen kann. Wenn sich dies Bedürfnis jetzt in der Morphologie der festen Erdoberfläche stark kundgibt, so ist das ein erfreuliches Zeichen für ihre kräftige wissenschaftliche Entwicklung. Aber Terminologie kann auch übertrieben werden. Sie ist ein Hilfsmittel einer abgekürzten, Zeit sparenden Verständigung: die technischen Ausdrücke sollen einen Begriff, den man sonst umständlich beschreiben müßte, in einem oder in wenigen Worten bezeichnen. Aber zu diesem Zwecke müssen sie von allen, die es angeht, gelernt werden. Daher lohnt sich ihre Anwendung nur, wenn der Begriff häufig wiederkehrt. Technische Ausdrücke, die selten vorkommen, sind mehr ein Ballast als eine Erleichterung; man soll damit sparsam umgehen und erst das Bedürfnis prüfen.

Vielfach legt man bei terminologischen Ausdrücken großen Wert auf die Priorität der Erfindung. Neue Bezeichnungen sind eine geistige Leistung und können darum ein Eigentumsrecht begründen. Aber die zu hohe Bewertung der Priorität führt leicht zur Übereilung in der Schaffung neuer Ausdrücke; denn wer einen neuen Ausdruck geschaffen hat, wird ja leicht auch für den Schöpfer des Gedankens gehalten. Die Erfindung eines neuen Ausdruckes ist aber nur bei voller Übersicht über den ganzen Kreis der Tatsachen möglich und erfordert auch sprachliche Begabung, die durchaus nicht immer die sachliche Einsicht begleitet. Viel wichtiger als die Priorität sind die Richtigkeit und die Zweckmäßigkeit des Ausdruckes; denn wenn Bezeichnungen, die wie Münze umlaufen, unrichtig oder unzweckmäßig sind, werden sie ihren Dienst nicht leisten und die Entwicklung der Wissenschaft mehr hindern als fördern.

Wer einen neuen wissenschaftlichen Ausdruck bilden will, steht zunächst vor der Frage, ob er auf ihre internationale oder ihre nationale Verständlichkeit größere Rücksicht nehmen solle. Diese Frage ist vor einigen Jahren zwischen *Davis* auf der einen, *Krümmel* auf der anderen Seite erörtert worden.[1]) Jede der beiden Ansichten kann gute Gründe für sich anführen. Selbstverständlich hat es Vorteile, wenn wissenschaftliche Ausdrücke allen Nationen

1) Geogr. Anzeiger 10, 121 ff. u. 196.

gemeinsam, international sind; denn auch dem, der eine Sprache gut versteht, können deren technische Ausdrücke, die oft einem örtlichen Sprachgebrauch entstammen, Schwierigkeiten bereiten. Aber ähnliche Schwierigkeiten bereiten die einer fremden Sprache entnommenen internationalen Ausdrücke den eigenen Volksgenossen. Soweit sie, wie es ja häufig der Fall ist, der lateinischen Sprache entnommen sind, sind sie den Romanen und auch den Angelsachsen, deren Sprache reich an romanischen Ausdrücken ist, verhältnismäßig leicht verständlich; aber uns Deutschen treten sie fremd entgegen, sie müssen erst gelernt werden. Dadurch erschweren sie das Verständnis und die geistige Aneignung, und ich möchte diesen Nachteil wenigstens bei solchen Begriffen, die auch von der Schule und überhaupt von weiteren Kreisen aufgenommen werden sollen, für schwerer wiegend halten als die Erschwerung internationaler Verständigung durch den Gebrauch von Ausdrücken, die der eigenen Sprache entnommen sind. Die meisten griechischen Ausdrücke sind für alle schwierig und bürgern sich nicht leicht ein.

Eine eigentlich selbstverständliche Forderung, die aber namentlich bei Ausdrücken aus dem Lateinischen und dem Griechischen durchaus nicht immer erfüllt wird, ist die Forderung der sprachlichen Richtigkeit. Ich habe früher einmal auf die sprachliche Barbarei des Wortes ablatieren (von *auferre*) aufmerksam gemacht; auch manche der von *Davis* geschaffenen Ausdrücke sind, wie *Krümmel* betont, sprachlich unrichtig; z. B. haben die Wörter „insequent" und „obsequent" eine andere Bedeutung, als er ihnen unterlegt. *Davis* hat dagegen eingewandt, daß die Wörter im Laufe der sprachgeschichtlichen Entwicklung ihre Bedeutung änderten. Das ist richtig, sofern es sich um unwillkürliche, natürliche Entwicklung handelt; aber man kann damit nicht Willkür und Nachlässigkeit in der Bildung der Ausdrücke rechtfertigen. Auch die Erweiterung und Verschiebung der Bedeutung der Ausdrücke hat ihre Grenzen. So stimme ich *Davis* zu, wenn er das Wort Denudation nicht für Abtragung überhaupt gebraucht wissen will, sondern auf eine Abtragung beschränkt, die mit Entblößung des Felsens verbunden ist. Aus demselben Grunde aber darf man auch das Wort Erosion nicht für Abtragung schlechthin gebrauchen; denn darin ist das Ausnagen einer Hohlform ausgedrückt, wie es durch die Flüsse oder auch die Gletscher bei der Talbildung geschieht. Dagegen kann es nicht Abtragung über die Fläche bedeuten; wenn man es auch hier-

für anwendet, geht man des bezeichnenden Ausdruckes für jene Tätigkeit verloren.

Auch bei Ausdrücken, die der deutschen Sprache entnommen sind, kann man sich gegen die Sprache versündigen, wenn man ein Wort anders gebraucht, als üblich ist und der Ableitung entspricht. So halte ich es für unrichtig, in den Ausdruck Platte den Begriff der Zerschneidung hineinzulegen. Namentlich bei der Übertragung von Fremdwörtern werden derartige Fehler begangen. Ein merkwürdiger Mißbrauch ist es beispielsweise, wenn man Kontinent mit Festland übersetzt und vom Festlande im Gegensatze zu Inseln spricht. Sind denn Inseln kein Festland? Wie soll man sie denn im Gegensatze zum Wasser nennen? Festland, d. h. festes Land, bezeichnet den Gegensatz zum Wasser, Kontinent den Gegensatz großer zusammenhängender Landmassen zu kleineren Landmassen oder Inseln. Wenn man für Kontinent ein deutsches Wort suchen will, so muß es den Begriff des Großen, Zusammenhängenden enthalten.

Wissenschaftliche Kunstausdrücke sollen möglichst kurz sein; aber man darf der Kürze nicht die Richtigkeit und Deutlichkeit opfern. Das geschieht namentlich, wenn man in ein Wort eine Mehrheit von Begriffen hineinpreßt, also den Inhalt der Begriffe nicht vollständig ausdrückt. Durch diesen Fehler hat man die Bezeichnung der Vorgänge der oberflächlichen Umbildung erschwert und verwirrt. Sie geschieht durch verschiedene Kräfte, und jede kann auf verschiedene Weise arbeiten, so daß sich eine Vielzahl der Wirkungsweisen ergibt. Wenn man jede Wirkungsweise durch ein besonderes Wort bezeichnet, so reicht die Sprache nicht aus, um charakteristische Wörter zu finden; deren Bedeutung muß willkürlich bestimmt werden, und das Gedächtnis wird ungebührlich belastet. Es erscheint mir viel zweckmäßiger, sich zweigliedriger (binomischer) Ausdrücke zu bedienen, nur die Art des Vorganges durch das Hauptwort (Ablation, Korrasion, Erosion, Abrasion usw.), die wirkende Kraft aber durch ein Eigenschaftswort (fluviatil, glazial, äolisch, pluvial, festländisch oder subaërisch, marin usw.) auszudrücken. Am wenigsten darf man die wirkende Kraft in einen Ausdruck hineinlegen, solange ihre Kenntnis unsicher ist.

An die Forderung der sprachlichen Richtigkeit und Deutlichkeit schließt sich die Forderung der Reinheit des Inhaltes an; es darf nichts fremdartiges hineingetragen werden. Morphologische Begriffe und Ausdrücke dürfen sich nur auf die Oberflächenformen

beziehen und nicht mit hydrographischen, verkehrsgeographischen, tektonischen Begriffen und Ausdrücken vermengt werden.

In früherer Zeit hat man den morphologischen Begriffen zugleich hydrographische Bedeutung untergelegt, weil man die Oberflächenformen als gegeben ansah und eine bestimmte Abhängigkeit der Flußläufe und Wasserscheiden von ihnen annahm. So hat man oft den ganzen Lauf eines Flusses als sein Tal, das ganze Gebiet eines Flusses als sein Becken (*Basin*) bezeichnet und dadurch diese morphologischen Ausdrücke entwertet. Dem Ausdrucke Paß hat man zugleich morphologische und verkehrsgeographische Bedeutung beigelegt, obgleich es doch auch Einsattelungen der Kämme oder Bergjoche, die von keinem Wege benutzt werden, wie andrerseits Straßenpässe gibt, die keine Einsattelungen des Kammes, sondern Talengen sind; man sollte sich entschließen, den Ausdruck Paß entweder ganz der Morphologie oder, was wohl besser wäre, ganz der Verkehrsgeographie zu überlassen.

In neuerer Zeit hat man häufig morphologische und tektonische Ausdrücke verquickt. Die Morphologie muß sich der tektonischen Ausdrücke bedienen, weil die Oberflächenformen in hohem Grade vom inneren Bau abhängen; sie muß sich dabei aber bewußt bleiben daß dieser in den seltensten Fällen unversehrt, meist vielmehr durch die oberflächlichen Kräfte stark umgebildet ist, daß also mit dem tektonischen Ausdrucke die Form unvollständig bezeichnet wird. Andererseits übernimmt die Geologie, wie schon früher die Bergmannssprache, Formbezeichnungen, wie Mulde, Sattel, Gewölbe, Graben, Horst u. a., um den inneren Bau zu bezeichnen. Auch dieser Gebrauch ist zunächst ganz berechtigt, hat aber mit der Zeit zu Widersprüchen geführt. So stellen tektonische Gewölbe oder Sättel oft Täler, tektonische Mulden dagegen Kämme dar, Horste können Einsenkungen, Gräben Aufragungen sein. Es wird sich empfehlen, die Formbezeichnungen auf solche Fälle zu beschränken, in denen die äußere Form den inneren Bau widerspiegelt, also beispielsweise der tektonische Graben wirklich noch eine grabenartige Einsenkung ist, für den rein tektonischen Gebrauch aber andere Ausdrücke zu wählen, z. B. die griechischen Ausdrücke Antiklinale, Synklinale usw. oder Ausdrücke wie Schichtenversenkung und dergl. anzuwenden. Wo es sich um alt eingewurzelte Ausdrücke handelt, wird sich der Übelstand schwer mit einem Male abstellen lassen; aber bei Neubildungen sollte man vorsichtig sein! Es ist ein Widersinn, wenn *Branco*

Tuffberge als Maare bezeichnet, weil sie aus der Umbildung von Maaren hervorgegangen sind.

Die üblichen Bezeichnungen der Oberflächenformen haben verschiedenen Ursprung.

Eine Anzahl von ihnen stammt aus der Sprache des täglichen Lebens. Manche Oberflächenformen spielen im Leben eine so große Rolle und heben sich so deutlich ab, daß die Sprache schon früh besondere Ausdrücke dafür geschaffen hat; man denke etwa an Berg und Gebirge, Gipfel, Tal, Hang, Ufer, Strand, Klippe, Düne und viele andere, sei es allgemeinen deutschen, sei es mehr örtlichen Gebrauches. In anderen Fällen hat sich das Bedürfnis einer Bezeichnung erst spät eingestellt, die Sprache hat keinen besonderen Ausdruck geschaffen, sondern bedient sich des Vergleiches mit ähnlich geformten Gegenständen. Auf diese Weise sind Ausdrücke wie Mulde, Becken, Wanne, Trog, Graben, Horst, Sattel, Trichtermündung u. a. in die Wissenschaft hineingekommen; auch Vergleiche wie Delta, V- und U-form der Täler oder Bezeichnungen, die bestimmten Eigenschaften entnommen sind, wie Rumpf oder synklinal und antiklinal, gehören hierher. Zwischen diesen und der ersten Klasse von Ausdrücken besteht kein scharfer Gegensatz, denn auch bei jener haben vielfach solche Vergleiche die Wortbildung bestimmt; der Unterschied besteht nur darin, daß der Sinn des Vergleiches verloren gegangen ist. Wieder in anderen Fällen wird ein Name, der ursprünglich nur einer einzelnen Gegend unseres Vaterlandes oder einem fremden Lande angehört hat, in die wissenschaftliche Sprache übernommen und allgemein verwandt. Solche Ausdrücke sind z. B. Haff, Klamm, Fjord, Ria, Liman, Cañon, Caldera u. a., die sich seit langem eingebürgert haben, oder Playa, Bolson, Cuesta und manche andere, die neuerdings aufgestellt worden sind. In einzelnen Fällen hat man auch Individualnamen allgemeine Bedeutung zu geben versucht: eines der bekanntesten Beispiele dafür ist das Wort Mäander; ein anderes Monadnock, wie *Davis* eine bestimmte Form von Bergen nach einem Beispiel aus Neu-England genannt hat. Mit beiden Arten von Namen sollte man zurückhaltender sein; denn sie sind eine große, oft unnütze Belastung des Gedächtnisses. Besonders empfindlich ist es, wenn diese neuen Fachausdrücke ihrer wirklichen Bedeutung nicht entsprechen, wie es bei den genannten spanischen Ausdrücken der Fall ist (*Playa* ist Strand, *Cuesta* Abhang); man muß die Sprache können, der man Ausdrücke entnimmt.

Alle diese Ausdrücke beziehen sich zunächst auf die äußere Erscheinung und dienen der Beschreibung, sagen nichts über die Entstehung aus und sind meist auch ziemlich unbestimmt. Die Wissenschaft, die einer strengen, alle Verwechslungen ausschließenden Ausdrucksweise bedarf, muß sie bestimmter fassen und zu diesem Zwecke ihre Bedeutung einengen oder erweitern. Manche Geographen, namentlich Militärgeographen, wie *Neuber*, meinen, daß man dabei durchaus auf dem Boden der Beschreibung bleiben müsse, daß orographische Bezeichnungen keine genetische Bedeutung haben dürften. Aber wir haben bei der Betrachtung des Formenschatzes der Erdoberfläche gesehen, daß die Allgemeinbegriffe einer natürlichen Klassifikation, zunächst die Typen, ganz von selbst auch genetische Bedeutung bekommen. Das Ziel terminologischer Umbildung wird daher immer sein, die Ausdrücke so zu definieren, daß sie nicht bloß unzweideutig eine bestimmte Form bezeichnen, sondern zugleich auch einer bestimmten Entstehungsweise entsprechen. Man hat allerdings behauptet, daß Gebilde gleicher Form nicht zugleich auch gleicher Entstehung zu sein brauchten. In der Tat können verschiedene Bildungsursachen sehr ähnliche Formen (konvergente oder, nach *Passarge*, Sammelformen) erzeugen; ob aber wirklich gleiche Formen, ist zweifelhaft. Wahrscheinlich ist man zu dieser Meinung oft nur dadurch gekommen, daß man Zwischenglieder übersprungen oder die Bildungsursachen nicht richtig erkannt, unwesentliche Punkte zu sehr in den Vordergrund geschoben, wesentliche vernachlässigt hat. Die Forschung muß darauf gerichtet sein, die den verschiedenen Bildungsursachen entsprechenden Merkmale zu erkennen und in die Beschreibung und Bezeichnung der Formen aufzunehmen.

Im einzelnen bleibt es oft dem Zufall und der Willkür überlassen, in welcher Richtung das Wort umgebildet wird; die Entscheidung darüber ist eine Frage des wissenschaftlichen Taktes. Ein Beispiel hierfür bietet der Gebrauch des Wortes Fjord (vergl. S. 178). Dieses norwegische Wort für tief eingreifende, steilwandige Felsbuchten war in die wissenschaftliche Literatur übernommen und auch auf ähnliche Buchten anderer Küsten übertragen, zu einem wissenschaftlichen Gattungsbegriffe gemacht worden; man hatte auch Spekulationen über die Entstehung der Fjorde angestellt, ohne den Inhalt und Umfang des Begriffes scharf zu bestimmen. Er wurde von verschiedenen Forschern verschieden verstanden; manche gingen so weit, ihn auf alle Felsbuchten auszudehnen. Das war zwar nicht gerade falsch, aber

unzweckmäßig; denn hierfür bedurfte man nicht erst eines besonderen Ausdruckes, während dann für die eigentümliche Art von Felsbuchten, wie sie an den norwegischen und an ähnlichen Küsten auftritt, ein anderer besonderer Ausdruck fehlte. Der Ausdruck Fjord wurde daher wieder auf diese beschränkt, und es handelte sich darum, ihre Eigentümlichkeiten scharf zu erfassen. Neben dem tiefen Eingreifen ins Land und der Steilwandigkeit erwiesen sich auch die geschlossene, oft gerundete und geglättete oder geschliffene Form der Hänge, das Auftreten von Hängetälern, die große Tiefe und oft wannenartige Form des Bodens, der Übergang aufwärts in trogförmige, seenreiche Felstäler mit Felsschwellen als charakteristische Merkmale, und alle diese Merkmale ließen sich mit Wahrscheinlichkeit durch das Untertauchen ehemals vergletscherter Täler unter den Meeresspiegel erklären. Das Wort Fjord erweckt daher heute nicht bloß die Vorstellung einer Anzahl ganz bestimmter Eigenschaften, sondern drückt auch mit Wahrscheinlichkeit eine bestimmte Entstehungsweise aus. Andere Felsbuchten sind deutlich davon verschieden und müssen anders bezeichnet werden.

Ähnlich ist es dem Begriffe Cañon ergangen, den man auch über Gebühr erweitert hat, um doch wohl zu seiner ursprünglichen Fassung zurückkehren zu müssen (vergl. S. 75ff.).

In anderen Fällen ist noch keine Übereinstimmung erreicht. Der verschiedene Gebrauch des Wortes Tal ist bereits besprochen worden (s. S. 29f.); die Wissenschaft kann ihm seine Unbestimmtheit nehmen und durch Aufnahme bestimmter Merkmale genetische Bedeutung verleihen. Ob das auch bei den im täglichen Leben noch unbestimmteren Begriffen Berg und Hügel gelingt, ist zweifelhaft[1]); es scheint mir kaum möglich, das Wort Berg auf selbständige Erhebungen zu beschränken und von Gipfel zu unterscheiden.

Wenn so der Fortschritt der Wissenschaft dazu führt, die ursprünglich lediglich beschreibenden Ausdrücke zu genetischen umzubilden, so muß man sich doch sehr hüten, zu früh genetische Bedeutung hineinzulegen. *Sueß* erkannte, daß Schollen der Erdkruste vielfach auf zwei einander gegenüber liegenden Seiten durch Längsverwerfungen gegen tiefer liegende Schollen abgegrenzt sind, und bezeichnete solche Schollen als Horste; aber er legte in diesen Begriff

1) Über dieses hat *Obst* eine längere Abhandlung veröffentlicht (Pet. Mitt. 1914, I), deren Ausführungen ich aber nicht in allen Punkten zustimme.

zugleich die Vorstellung hinein, daß sie stehen gebliebene Stücke einer alten Erdkugel von größerem Durchmesser, die tiefer liegenden Schollen dagegen abgesunken seien. Die Richtigkeit dieser genetischen Vorstellung ist aber in vielen oder wohl den meisten Fällen zweifelhaft; wenn man also an dem rechtgläubigen Gebrauche des Ausdruckes festhält, wird man meist auf seine Anwendung verzichten müssen. Es ist zweckmäßiger, den Sinn der Bewegung aus der Definition des Wortes herauszulassen und dieses rein beschreibend für die Lage der Scholle zu gebrauchen.

Davis hat in den von ihm geschaffenen, seiner sprachlichen Bedeutung nach rein beschreibenden Ausdruck Peneplain oder Fastebene die von ihm für wahrscheinlich gehaltene Entstehung durch festländische Abtragung hinein gelegt, und so kann man auch diesen Ausdruck in dem Sinne seines Urhebers immer nur mit Zurückhaltung anwenden. Wenn man eine Rumpffläche beschreiben will, ehe man ihre Entstehung kennt, so versagt er. Wieviel zweckmäßiger wäre es, ihn neutral, ohne Rücksicht auf die wirkende Kraft, zu gebrauchen und diese in einem Eigenschaftswort (festländisch bez. subaërisch oder marin) hinzuzufügen!

Auch in *Davis'* Bezeichnungen der Richtung der Täler sind verschiedene Gesichtspunkte vereinigt. Die Ausdrücke antezedent, konsequent und subsequent bezeichneten ursprünglich das Verhältnis der Entstehung der Täler zur Entstehung des inneren Baus (also gleich überlebend, folgend und nachträglich); *Davis* beschränkte aber den Ausdruck subsequent auf solche nachträglich gebildete Täler, die in der Streichrichtung verlaufen und ihre Entstehung der verschiedenen Widerständigkeit des Gesteines verdanken; er mußte daher für anders verlaufende nachträglich gebildete Täler neue Ausdrücke (obsequent und resequent) schaffen. Seine Bezeichnungsweise sucht also neben der Zeit ihrer Entstehung im Verhältnis zur Entstehung des Gebirgsbaus auch die Richtung auszudrücken (*Krümmel* und *Hch. Fischer* halten sich bei ihrer Übersetzung ausschließlich an die letztere); sie verliert dadurch, wie mir scheint, an Klarheit und ist auch nicht erschöpfend, denn die nachträgliche Bildung und Umbildung von Tälern kann außer durch die verschiedene Widerständigkeit des Gesteins auch durch klimatische Gegensätze und andere Ursachen bedingt werden.

Walther übernahm den in der französischen Sahara gebräuchlichen Ausdruck Témoin oder Zeugenberg, dem die instinktive

Überzeugung zu Grunde liegt, daß er der Rest einer ehemals weiteren Ausbreitung der ihn zusammensetzenden Schichten sei. Er suchte deren Zerstörung durch die Wirkung des Windes zu erklären, und seitdem hat man diese Ursache der Isolierung vielfach schon in den Begriff Zeugenberg hineingelegt; dadurch hat man diesem für die Beschreibung sehr geeigneten Ausdruck einen durchaus hypothetischen Charakter verliehen, der seine Anwendbarkeit überhaupt in Frage stellt.

Das Gleiche gilt von *Bornhardts*, später von *Passarge* übernommenem, Ausdruck: Inselberg, der als beschreibender Ausdruck für Berge, die aus einer weiten, meeresgleichen Ebene inselartig aufsteigen, vorzüglich, aber als genetische Bezeichnung wenigstens verfrüht ist, und dem man seine charakteristische Bedeutung nicht rauben sollte, indem man ihn auf alle einzeln stehenden Berge erweitert.

Noch mißverständlicher ist der Gebrauch der Ausdrücke Hochgebirgs- und Mittelgebirgsformen (vergl. S. 115). Sie beziehen sich zunächst auf den Ort ihres Vorkommens; indem *Penck* dabei aber an bestimmte Hochgebirge, besonders die Alpen und andere Hochgebirge der gemäßigten Zone, und an bestimmte Mittelgebirge dachte, verband er mit diesen Ausdrücken bestimmte Formmerkmale, für die er später eine Erklärung in dem Vorhandensein oder Fehlen glazialer Umbildung fand. Hochgebirge der Tropen haben jedoch, von den allergrößten Höhen abgesehen, nicht diese „Hochgebirgsformen", während diese in hohen Breiten schon beinahe am Meeresspiegel auftreten. Wir kommen also zu Hochgebirgen mit Mittelgebirgs- und zu Mittelgebirgen mit Hochgebirgsformen. Das ist ein Widersinn, der uns mahnt, aus den beiden Worten eine solche genetische Bedeutung herauszulassen.

Wenn im allgemeinen die Terminologie wie die Begriffsbildung von der Beschreibung ausgeht und erst nachträglich genetische Bedeutung gewinnt, so kann sie doch auch von vornherein auf die Entstehung begründet werden.

Einzelne genetische Ausdrücke sind öfters als Abschluß theoretischer Spekulationen über bestimmte Vorgänge oder Formen geprägt worden. Hierher gehören z. B. *Powells* Unterscheidung der Täler in antezedente und konsequente oder auch, in deutscher Sprache, *Spethmanns* Ausdruck Härtling für isolierte Berge, die seiner Meinung nach durch die Härte des Gesteins der Zerstörung Widerstand geleistet

haben. Man kann nicht sagen, daß alle diese Ausdrücke die Probe der Richtigkeit bestanden hätten.

Am systematischsten ist die genetische Terminologie im Anschluß an deduktive Betrachtung von *Davis* und seiner Schule ausgebildet worden und hat mit ihr Schiffbruch erlitten. Er hat sie, seiner theoretischen Auffassung gemäß, in erster Linie auf das Alter der Formen begründet. Aber alte Täler in hartem Gestein zeigen ähnliche Formen wie junge Täler, junge Täler in besonders weichem Gestein reife, ja alte Formen. Die Ausdrücke jung, reif und alt haben damit ihre eigentliche Bedeutung verloren und müßten etwa durch Ausdrücke wie starke und schwache Formen ersetzt werden. Mit dieser Zweideutigkeit haben sie aber auch ihren genetischen Charakter verloren und sind beschreibende Ausdrücke geworden, in denen Alter, Gesteinsbeschaffenheit und Stärke der umbildenden Kräfte zugleich enthalten sind.

Eine genetische Terminologie in der Morphologie muß, wie die Klassifikation (s. S. 195ff.), der Entstehung aus dem Zusammenwirken von innerem Bau und oberflächlicher Umbildung Rechnung tragen und daher immer zwei- oder mehrgliedrig (binomisch) sein. Die Terminologie des inneren Baus braucht für die Geographie nur beschreibend zu sein; auch wo die Geologie genetische Bezeichnungen möglich macht, sind sie der Geographie ziemlich gleichgültig, weil es sie nicht interessiert, wie die Formen der geologischen Vergangenheit, z. B. die Rumpfflächen der Permo-Karbonzeit, entstanden sind. In den meisten Fällen liegt eine verwickelte Bildungsgeschichte vor, und die Terminologie muß sich ebensowohl auf die Art der letzten großen Dislokationen wie auf die Ergebnisse der Vorgeschichte beziehen. So genügt es nicht, wenn ein Stück der Erdrinde als Scholle bezeichnet wird, sondern es muß hinzugesetzt werden, ob es eine Tafel- oder Rumpf- oder Faltungsscholle ist, und auch die Gesteinszusammensetzung muß angegeben werden. Dagegen erfordern die umbildenden Vorgänge eine genetische Terminologie, die, wie wir bei der Übersicht über den Formenschatz der Erde erörtert haben, in erster Linie auf die Stellung in den großen Systemen der Umlagerung, danach auf die Art der Verwitterung und Denudation, und erst an letzter Stelle auf das Alter, d. h. die Dauer der oberflächlichen Umbildung, begründet werden muß.

Es wird kaum möglich und nützlich sein, für die Gebilde jeden Vorganges einen besonderen Ausdruck zu prägen, der meist schwer

verständlich und sprachlich barbarisch ist. Besser wird man Beschreibungen anwenden, die das Wesentliche in kurzen Sätzen enthalten. So ist Schwaben eine sanft geneigte, von Verwerfungen wenig betroffene Tafel, die dank dem starken Gesteinswechsel in eine Stufenlandschaft zerlegt worden ist. Ein Gebirge wie den Odenwald kann man als eine schwach geneigte Transgressionsscholle bestimmen, in der durch die starke Abtragung im vorderen Teile eine Zweiteilung in einen Faltenrumpf und eine Sandsteintafel entstanden ist, und bei der beide Teile durch die Flußerosion in Tallandschaften verwandelt worden sind. Beim Schwarzwald würde man die größere Höhe betonen und die glaziale Umbildung der höheren Teile hinzufügen. Vom Alter braucht man bei diesen Gebirgen kaum etwas zu sagen, weil es keine wesentliche Rolle zu spielen scheint; es ist nur dann hervorzuheben, wenn die Talterrassen größere Bedeutung gewinnen und sich größere Einebnungen an sie anschließen. Auch das Klima der Vergangenheit und das Verhältnis zum Meer können in die kurze Beschreibung eintreten: die norwegische Westküste ist der Abfall eines alten gehobenen Rumpfes, dessen durch die Flüsse eingeschnittene Täler wahrscheinlich wiederholt vergletschert gewesen und dann unter den Meeresspiegel getaucht und in Fjorde verwandelt sind.

Es bedarf keiner weiteren Beispiele; es sollte hier nur gezeigt werden, wie wir durch diese Art der Terminologie zu einer die Hauptmerkmale einer Landschaft auffassenden Bezeichnung gelangen können, die, einerseits an die Auffassung des inneren Baus, andererseits an die Auffassung der regionalen Verschiedenheit des Klimas in Gegenwart und Vergangenheit anknüpfend, ohne weiteres die geographische Verteilung der Oberflächenformen zeigt, während die auf das Alter begründeten oder rein beschreibenden Bezeichnungen darüber nichts aussagen. Eine umfassende Klassifikation der Oberflächenformen liegt außerhalb des Bereiches dieser Ausführungen, deren Zweck vielmehr nur ist, anknüpfend an das über die morphologische Klassifikation Gesagte zu einer Klärung der Grundsätze der morphologischen Terminologie beizutragen und zur Zurückhaltung und Vorsicht in Bezug auf Form und Inhalt des Ausdruckes zu mahnen.

IV. Die Orometrie.

Alle morphologischen Angaben sollen nach Möglichkeit nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ sein. Dem dienen die Angaben über Höhen und Höhenunterschiede und über Neigungswinkel. Ihre Darstellung einerseits durch Höhenlinien (Isohypsen), andrerseits durch Schraffen oder Schummerung ist eine Hauptaufgabe der Karte. Für die Beschreibung dagegen ist die Anhäufung von Zahlenwerten ein Ballast; sie kann nur einzelne ausgewählte, besonders charakteristische Zahlen geben. Aber es liegt nahe zu versuchen, ob sich nicht der Gesamtcharakter der Landschaft zahlenmäßig ausdrücken läßt. Der in der analytischen Geometrie durchgeführte Gedanke, geometrische Gebilde arithmetisch auszudrücken, findet in der Orometrie (richtiger wäre der allgemeine Ausdruck: Morphometrie) Nachahmung; aber sie sucht das Problem nicht durch Berechnung von Kurven, was bei der Unregelmäßigkeit aller Berglinien unmöglich wäre, sondern von Mittelwerten, nämlich der mittleren Höhe der Gipfel, Pässe, Kämme, der ganzen Gebirge und Gebirgsgruppen sowie der mittleren Gefällswinkel, zu leisten. Der Gedanke dabei ist, die reinen, d. h. von zufälligen Störungen befreiten, Oberflächenformen herzustellen, um sie vergleichender Betrachtung unterziehen zu können. Er stammt von *Humboldt*, der die mittlere Höhe der Kontinente berechnete. *Sonklar* und viele andere haben sich weitere Aufgaben gestellt und haben die Methoden der Berechnung mit großem Scharfsinn ausgebildet. Aber sie haben die Bedeutung der Mittelwerte wohl zu sehr als selbstverständlich angenommen. Die Mittelhöhe der Kontinente oder auch größerer Gebirge und Gebirgsstücke dient der Berechnung ihrer Masse und hat darum geophysikalische und geotektonische Bedeutung. Aber was besagen die mittleren Höhen der Kämme, Gipfel, Pässe oder die mittleren Gefällswinkel? Sie sind in der Natur nirgends vorhanden, und man kann auch nicht sagen, daß sie Idealwerte seien, denen gegenüber die wirklichen Werte Störungserscheinungen wären. Wir können uns keine Kräfte denken, die auf die Herstellung der Mittelwerte hingearbeitet hätten. Die genetische Betrachtung der festen Erdoberfläche kann nichts mit ihnen anfangen; ich habe mich vergeblich bemüht, aus ihnen Nutzen für morphologische Untersuchungen zu ziehen, und habe auch sonst nie gefunden, daß sie in solchen

eine Rolle spielten. Und ebenso wenig Wert haben sie für siedelungs- und verkehrsgeographische Betrachtungen. Der Mensch wohnt nicht auf einer mittleren Gebirgshöhe, sondern in den Tälern und auf den Bergen, und die Siedlung ist ganz verschieden, je nachdem aus welchen Einzelwerten sich die Mittelhöhe zusammensetzt. Für die Straßen kommt es auf die wirklichen und nicht auf die mittleren Paßhöhen an, die sich aus einer Anzahl von Pässen ungefähr gleicher Höhe, aber ebenso gut aus Pässen von ganz verschiedener Höhe zusammensetzen können. Ich glaube, daß viel Rechenarbeit umsonst geleistet worden ist.

V. Karten und Abbildungen.

1. Topographische Karten, Reliefs und Profile.

In der Einleitung habe ich auf die Arbeitsteilung zwischen der sprachlichen Darstellung und der Karte hingewiesen, die sich seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts allmählich herausgestellt hat, derart, daß die eigentliche, vollständige Wiedergabe aller Formverhältnisse der Landoberfläche der Karte zufällt. Diese ist daher neben der eigenen Anschauung die wichtigste Arbeitsgrundlage der geographischen Formenlehre. In eine vollständige Darstellung der morphologischen Arbeit würde auch eine Methodologie der Karte hineingehören. Hier muß davon abgesehen werden. Zwar gibt es auch in Bezug auf die kartographische Darstellung Streitfragen — ich brauche nur an den Streit über die Anwendung senkrechter und schiefer Beleuchtung oder an die Frage der Höhenplastik zu erinnern —; aber diese Fragen liegen auf einem anderen Gebiete als unsere Untersuchungen. Ebensowenig will ich auf die Grundsätze der Generalisierung der Geländedarstellung auf Karten eingehen, von so großer Bedeutung sie auch ist.

Die Frage, die wir hier kurz erörtern müssen, ist die Frage nach der Objektivität der kartographischen Darstellung und die damit in Zusammenhang stehende Frage, inwieweit sie als Grundlage morphologischer Untersuchungen dienen kann. Man gibt sich darüber manchmal Täuschungen hin. Nur Karten, oder sagen wir lieber Pläne, allergrößten Maßstabes können auch die kleinen Ausbiegungen der Höhenlinien oder Schraffen und die Kleinformen als solche naturgetreu darstellen; selbst unsere Meßtischblätter müssen schon etwas

generalisieren, und auf den sog. Generalstabskarten und Karten kleineren Maßstabes ist das noch mehr der Fall. Jede Generalisierung ist aber, auch wenn man sich noch so sehr um Objektivität bemüht, bis zu einem gewissen Grade subjektiv. Noch wichtiger aber ist ein anderer Punkt. Auch bei genauen Aufnahmen, wie bei denen unserer Meßtischblätter, wird nicht jeder einzelne Punkt in seiner Wirklichkeit erfaßt, sondern es bleiben Lücken in der Beobachtung, die beim Ausziehen der Höhenlinien oder Gefällsschraffen ergänzt, interpoliert werden müssen. Noch größer waren und sind die zu ergänzenden Lücken natürlich bei den älteren, schneller und in kleinerem Maßstabe gezeichneten Karten und bei den Karten der Kolonien und anderer exotischer Länder, namentlich bei den Routenaufnahmen der Reisenden. Das ist ein Übelstand, der im Wesen der Sache liegt, der sich im Laufe der Zeit einschränken, aber nicht beheben läßt. Die Frage ist nur, wie die Interpolation geschieht und geschehen soll, ob mechanisch oder auf Grund morphologischer Überlegungen. Die Frage ist schon in der Frühzeit der modernen Kartographie erörtert worden, weil sie bei der damaligen Lückenhaftigkeit der Aufnahmen sehr wichtig war; heute dürfte sich in den Kommentaren zu Kolonial- und Routenkarten am meisten darüber finden. In jener Frühzeit hat namentlich ein Gedanke eine große Rolle gespielt, nämlich der hauptsächlich von *Buache* ausgehende Gedanke der unbedingten Abhängigkeit des Flußnetzes von Gebirgen und demgemäß der Zulässigkeit, das Gelände auf Grund der Wasserscheiden zu konstruieren, da diese ja immer leichter aufzufassen sind als das Gelände selbst. Auf diese Weise sind bekanntlich die raupenartigen Gebirgszüge entstanden, die damals die Karten bevölkerten, und von denen das Kjölengebirge der skandinavischen Halbinsel nur ein Beispiel ist. Das ist auch der Ursprung der sog. Gebirgsknoten der Anden, die tatsächlich nichts weiter als Querjoche in Längstalzügen sind. Ein anderer Gedanke, der in jener älteren Zeit, z. B. bei *Lehmann*, eine große Rolle spielt und mehr für die Zeichnung der Spezialkarten Bedeutung gewinnt, ist der Gedanke der allgemeinen Wirkung der Abspülung, durch die schroffe Sprünge im Gelände beseitigt und Übergänge geschaffen werden. *Lehmann* trägt auch schon der Verschiedenheit der Oberflächenformen in verschiedenen Gesteinen Rechnung, und beim Württemberger *Bach* tritt sie in den Vordergrund. Auf sie hat auch *Richthofen* auf seinen chinesischen Karten großen Wert gelegt. Die morphologische Erkennt-

nis hat inzwischen große Fortschritte gemacht, und diese haben auch in die kartographische Darstellung Eingang gefunden. Bis zu einem gewissen Grade ist das berechtigt; denn eine verständige Auffassung, die auf Kenntnis der Gesetzmäßigkeit der Oberflächenformen beruht, wird immer besser sein und mehr leisten als eine rein mechanische Auffassung. Aber man muß dabei Zurückhaltung üben; so scheint die amerikanische Topographie zu sehr unter den Bann der *Davis*schen Naturauffassung geraten zu sein. Jedenfalls liegt schon in dieser Möglichkeit eine Mahnung zur Vorsicht bei der Benutzung solcher Karten; man darf aus ihnen nicht morphologische Regeln herauslesen, die der Zeichner erst hineingelegt hat. Je intensiver die Aufnahme und je größer der Maßstab der Karten ist, um so geringer ist diese Gefahr, weil da die Interpolation und Konstruktion des Geländes meist mechanisch geschieht. Aber hier scheint man vielfach zu mechanisch zu verfahren, denn die Feinheiten des Geländes gehen dabei selbst in diesem großen Maßstabe zu sehr verloren. Moderne Leiter von Geländeaufnahmen halten es für nötig, den aufnehmenden Topographen morphologische Schulung zu Teil werden zu lassen, damit sie die charakteristischen Geländeformen in der Natur erkennen und wissen, worauf es bei ihrer Darstellung ankommt.[1])

Von großem Werte sind gute Reliefs, da sie auch dem, der Karten zu lesen versteht, die Landschaft viel unmittelbarer vor Augen führen, sie anschaulicher zeigen, einen besseren Ersatz für die Anschauung der Landschaft bilden, zu morphologischen Studien anregen und sie fördern. Auch zweckmäßig gelegte und genau gezeichnete Profile sind ein sehr wertvolles Hilfsmittel des Studiums, dessen man sich neben der Karte und auch zur Einführung in deren Verständnis möglichst bedienen sollte. Wenn man Profile im kleineren Maßstab überhöhen muß, um überhaupt Anschauung zu erzielen, so sollte man die Überhöhung doch in mäßigen Grenzen halten und womöglich dasselbe Profil ohne Überhöhung daruntersetzen, um keine falschen Vorstellungen über die Neigungsverhältnisse aufkommen zu lassen.

---

1) Ich beziehe mich hierbei auf Unterredungen mit dem bisherigen Vorstande der badischen Landesaufnahme, Dr. *Müller*. Auf seine Anregung hin ist im badischen topographischen Bureau kürzlich ein morphologischer Kursus abgehalten worden.

2. Geologische Karten und Profile.

Nicht unmittelbar morphologisch, aber ein wichtiges Hilfsmittel der morphologischen Betrachtung sind die geologischen Karten und Profile. Wir haben immer wieder die Abhängigkeit der Formen vom geologischen Bau kennen gelernt und in einem Aufsatze besonders erörtert; nicht nur die Kleinformen sind an bestimmte Gesteine gebunden, sondern auch die Abtragung im ganzen hängt von ihnen ab. Darum wird die morphologische Untersuchung durch die geologische Karte nicht nur erleichtert, sondern gewisse Untersuchungen sind überhaupt erst auf Grund von geologischen Karten möglich.

Auch von der topographischen Karte gilt selbstverständlich die Regel, daß gewisse Dinge, namentlich die Kleinformen, nur auf Karten großen Maßstabes dargestellt werden können und auf Karten kleineren Maßstabes verschwinden, daß man also zu gewissen Untersuchungen, wenn man sie überhaupt noch auf der Karte anstellen kann, zu Karten möglichst großen Maßstabes greifen muß. Von den geologischen Karten gilt das in erhöhtem Maße. Karten großen Maßstabes — bei uns namentlich die auf der Grundlage der Meßtischblätter gezeichneten Karten im Maßstabe 1 : 25000 — unterscheiden nicht nur die Hauptformationen, sondern so viele geologische Horizonte und auch verschiedene Fazies, daß im allgemeinen jeder größere Gesteinswechsel auf der geologischen Karte zum Ausdrucke kommt und diese nicht nur eine Karte der Altersstufen, sondern zugleich auch eine Gesteinskarte ist. Je kleiner aber der Maßstab ist, je mehr Horizonte also vereinigt werden, je größer die geologischen Stufen genommen werden müssen, um so weniger lassen sie die Gesteinsbeschaffenheit erkennen, um so mehr verliert die geologische Karte den lithologischen Charakter und damit ihren unmittelbaren Wert für die Geographie. Auf Karten großen Maßstabes lassen sich, wenigstens in einfach gebauten Gebieten, auch die Lagerungsverhältnisse unmittelbar aus der Verbreitung der Schichten ablesen, auf Karten kleineren Maßstabes ist das nicht mehr möglich; also ist ihr Wert auch in dieser Beziehung geringer. Der innere Bau muß dann auf besonderen Karten oder wenigstens durch besondere Bezeichnung dargestellt werden; neben die Darstellung des geologischen Alters tritt die tektonische Darstellung, neben die gewöhnliche geologische Karte unter Umständen die tektonische. Auch sie können in großem oder in kleinem Maßstabe gezeichnet werden.

In großem Maßstabe enthalten sie eine möglichst unmittelbare Wiedergabe der Lagerungsverhältnisse, des Streichens und Fallens der Schichten — eine besondere Darstellungsform sind die Streichkurvenkarten —, der Verwerfungen, der Diaklasen u. dgl. In mittlerem Maßstabe wird die Darstellung generalisiert; statt des Streichens und Fallens der einzelnen Schichten werden etwa ganze Falten und Decken dargestellt. Tektonische Karten kleinen Maßstabes schließlich sind symbolische Darstellungen der tektonischen Typen, der Vulkane, Faltengebirge, Tafelschollen, Rumpfschollen usw.; sie sind namentlich für übersichtliche länderkundliche Darstellungen wichtig.

Von großem Werte sind geologische Profile, die namentlich die Lagerungsverhältnisse bequemer als die Karte erkennen lassen. Aber sie können auch gefährlich werden und zu falschen Vorstellungen verleiten, wenn sie stark überhöht sind und dadurch alle Neigungswinkel viel zu groß zeigen. Manche falsche tektonische Vorstellungen sind auf den Gebrauch stark überhöhter Profile zurückzuführen. Wenn man überhöhen muß, um gewisse Verhältnisse deutlich zu machen, sollte man doch daneben wieder Profile ohne Überhöhung zeichnen, die ein richtiges Abbild der natürlichen Verhältnisse geben.

Ebenso wenig oder vielmehr noch viel weniger als die topographischen Karten können auch die genauesten geologischen Karten und Profile in jeder Einzelheit auf unmittelbarer Beobachtung beruhen; vielmehr ist immer ein ziemliches Maß von Konstruktion, d. h. von hypothetischer Ergänzung der Beobachtungen, dabei, und das um so mehr, je flüchtiger die Aufnahme ist. Man wird daher nicht jede Einzelheit auf Treu und Glauben hinnehmen dürfen, sondern muß Kritik walten lassen. Die Gesteinsbeschaffenheit ist oft nicht unmittelbar beobachtet, sondern aus den Oberflächenformen erschlossen; dabei können Irrtümer unterlaufen, und es ist dann jedenfalls ein Zirkelschluß, wenn der Benutzer der Karte aus dem Zusammenfallen bestimmter Oberflächenformen mit einer bestimmten Gesteinsbeschaffenheit auf ursächliche Abhängigkeit schließt. Sehr bedenklich ist es, geologische Profile auch als maßgebend für die Oberflächengestalt anzunehmen und darauf weit tragende Schlüsse aufzubauen; denn der Geologe pflegt bei ihrer Zeichnung gar nicht auf die kleinen Unregelmäßigkeiten des Geländes zu achten, die für die morphologische Auffassung von der größten Bedeutung sein können.

3. Geophysiologische und geomorphologische Karten.

Sind die geologischen Karten die unentbehrliche Grundlage morphologischer Studien, da sie die im Gestein und seiner Lagerung gegebenen Bedingungen darstellen, so ist es doch unter Umständen zweckmäßig, die einzelnen Eigenschaften: Härte oder Festigkeit, Durchlässigkeit, Löslichkeit, Zersetzbarkeit u. a., jede für sich aufzufassen und in ihrer Verbreitung darzustellen. Namentlich Karten der Durchlässigkeit sind wegen ihrer großen praktischen Bedeutung für die Wasserversorgung usw. schon öfters gezeichnet worden. Auf den Nutzen von Karten aller dieser Eigenschaften, wenigstens in typischen Beispielen, hat besonders *Passarge* hingewiesen, und er hat in einer Bearbeitung des Meßtischblattes Stadtremda (in Thüringen, südlich von Weimar) ein Beispiel dazu gegeben. Ähnliche Karten sind später für den Schützengrabenkrieg viel gezeichnet worden. Von der Betonung der Notwendigkeit von Grabungen abgesehen, hat sich *Passarge* leider über die Methode der Aufnahmen nicht ausgesprochen. Es wird im allgemeinen kaum möglich sein, die genannten Eigenschaften überall unmittelbar aus dem Gelände zu entnehmen, sondern man wird sich wohl begnügen müssen, sie in einzelnen Profilen festzustellen und auf Grund der geologischen Karte über die Fläche auszubreiten. Dann besteht aber immer die Gefahr, daß man kleine, aber für die Eigenschaften bedeutungsvolle fazielle Unterschiede des Gesteins übersieht und daraufhin die Eigenschaften einer Örtlichkeit falsch beurteilt; ich weiß, daß im Kriege dieser Fehler vorgekommen ist. Solche Karten werden sich schon des Kostenpunktes wegen nur in geringer Zahl zeichnen oder wenigstens veröffentlichen lassen; aber als Übung und wenigstens in Stichproben als Grundlage weiterer morphologischer Untersuchungen sind sie sicher empfehlenswert.

Auf Übersichtskarten größerer Gebiete und in manchen Gegenden auch schon in örtlicher Beschränkung müssen auch die Unterschiede des Klimas sowie der Pflanzendecke und der Tierwelt als Bedingungen der Bodengestaltung aufgefaßt werden. Bis zu einem gewissen Grade kann man sie natürlich aus den allgemeinen klimatologischen und pflanzen- und tiergeographischen Karten entnehmen; aber manchmal wird es sich empfehlen, solche Karten als Grundlage morphologischer Studien neu zu zeichnen.

Auch die umbildenden Vorgänge selbst können kartographisch dargestellt werden. Natürlich kommen sie hier nur soweit in Be-

tracht, als man sie direkt beobachtet und nicht aus den Formen oder der Bodenbeschaffenheit erschließt oder sich gar nur auf Grund der Gesteins- und Klimakarten denkt. Am meisten beobachtet werden natürlich die großen Vorgänge, Felsstürze, Erdrutsche u. dergl., oder die verschiedene Ausdehnung und Art der Arbeit des Wassers bei Hoch- und Niederwasser. Aber auch die kleineren Vorgänge der Verwitterung und Bodenbewegung, z. B. der Ab- und Ausspülung oder auch des Kriechens nach den von *Götzinger* angegebenen Methoden, können direkt beobachtet und dann in ihrer Verbreitung auf der Karte dargestellt werden. Solche Karten sind sowohl in großem Maßstabe für beschränkte Gegenden wie als Übersichtskarten ganzer Länder, ja der Erde, dann natürlich nur aus Stichproben entnommen, möglich.

Zum Vergleiche wichtig sind auch Bodenkarten, weil die Bodenbildung mit der Gestaltung der Formen Hand in Hand geht und man daraus die Eigenschaften des Gesteins und Klimas und die Art der Vorgänge einigermaßen ablesen kann. *Passarge* hat seinem morphologischen Atlas mit Recht eine Bodenkarte beigegeben.

Die Formenkarte großen Maßstabes ist die gewöhnliche topographische Karte mit ihrer Geländedarstellung in Höhenlinien oder Schraffen (bzw. Schummerung) und ergänzenden Signaturen. Von ihr ist schon gesprochen worden, soweit es für unsere Zwecke nötig ist. Eine vollständige unmittelbare Wiedergabe der Natur ist auch sie nicht; sowohl die Höhenlinien wie die Schraffen sind Abstraktionen, Symbole, und die Signaturen kann man mit den Signaturen der menschlichen Siedelungen vergleichen.

Gerade darum haben neben den gewöhnlichen Geländekarten besondere morphologische Karten[1]) ein Recht; ihre Aufgabe ist es, die Formen als solche in ihrer Anordnung und Verteilung zur Darstellung zu bringen. Solche Karten können in den verschiedensten Maßstäben gezeichnet werden; aber gemeinsam muß ihnen allen sein, daß sie von der Beobachtung ausgehen und nur beobachtete, wenn auch gedanklich verarbeitete Tatsachen darstellen.

Auf morphologischen Karten großen Maßstabes, als deren Grundlage Meßtischblätter oder Generalstabskarten genommen werden, kann man die Verbreitung einzelner bestimmter Formen, z. B. von Erdpyramiden, Höhlen, Felssäulen, Blockmeeren, Karen und Felskesseln, Terrassen, Dellen, Regenrissen usw. darstellen; eine

1) *Machatschek*, Morphologische Karten. Kartogr. Ztschr. 1917 S. 1 ff.

solche kartographische Darstellung wird ein gutes Hilfsmittel der analytischen Untersuchung sein und kann auch siedlungs- und verkehrsgeographischen Studien dienen. Eine höhere Aufgabe aber besteht darin, den ganzen Formenschatz der Gegend zur Darstellung zu bringen, wobei man verschiedene Formen, die in Gesellschaft vorkommen, in einer Signatur zusammenfassen kann. Es ist das der gedankliche Prozeß, den ich als Typenbildung mehrmals erwähnt habe, angewandt auf den gesamten Formencharakter der Landschaft. Es ist das, was *Davis* durch seine Altersbezeichnung erstrebt, und was, wenn man von der falschen genetischen Auffassung absieht, in der Tat ein erstrebenswertes Ziel ist. So viel ich sehe, müssen solche morphologische Karten zwei Objekte der Darstellung mit einander verbinden. Das eine ist die Darstellung der Böschungsverhältnisse, die aus der Schraffenkarte oder aus den Gradienten der Höhenlinienkarte generalisiert werden. Für manche Gegenden wird es genügen, drei Böschungsgruppen zu unterscheiden: Ebenheiten mit ganz geringen Neigungswinkeln, Böschungen mit mittleren Gefällswinkeln und steile als Felswände erscheinende Böschungen; für andere Gegenden wird man vielleicht mehr Abstufungen nehmen müssen. Hierdurch ist der Aufriß des Landes gegeben. Das andere Objekt ist eben der Formenschatz, der den Baustil ausmacht. Ungefähr in dieser Richtung bewegen sich die Karten von *Gehne*, *Behrmann*, *Passarge*, *Machatschek*, *Rathjens* u. a., die allerdings zum Teil statt der beobachteten Formen theoretische Gedanken darstellen. Statt der Karten genügen oft auch Profile, namentlich bei tafelartiger Lagerung der Schichten, bei der jedes durch die Landschaft gelegte Profil den gleichen Formenschatz zeigt.

Auf morphologischen Übersichtskarten ausgedehnterer Gebiete in kleinerem Maßstabe muß man natürlich noch mehr generalisieren; ganze Gegenden treten hier, jede mit ihrem besonderen Formenschatz, neben einander. Auf solchen Karten, wie sie zur Erläuterung länderkundlicher Darstellungen sehr wichtig und schon vielfach, z. B. von *Penck* für das deutsche Reich oder von mir für ganz Europa angewandt worden sind, kann man nur die allgemeinsten Typen eintragen, wobei man von den Grundsätzen der morphologischen Klassifikation ausgehen wird. Landstufen und Ebenheiten oder Bergzüge bestimmter Art treten uns so deutlicher entgegen als auf der gewöhnlichen topographischen Karte. Sofern das Gebiet sowohl tektonische wie klimatische Unterschiede zeigt, wird

man sich einer zweigliedrigen Darstellungsweise bedienen, etwa indem man die Unterschiede in der Art der oberflächlichen Umbildung durch Farben, die Unterschiede der tektonischen Grundlage durch Schraffen ausdrückt.

Man kann alle diese Karten morphographisch nennen, weil sie auf unmittelbarer Beobachtung und deren geistiger Verarbeitung beruhen, weil sie Tatsachen, wenn auch generalisiert, durch Konstruktion ergänzt, zu Typen verbunden, darstellen. Sie sind methodologisch dasselbe wie die geologischen Karten, die Karten der Vegetation und ähnliche Karten physisch-geographischer oder anthropogeographischer und statistischer Verhältnisse. Der Verfasser mag sich genetische Vorstellungen gemacht haben; aber sie bleiben im Hintergrunde, haben eigentlich nur heuristischen Wert, indem sie zu scharfer Auffassung der Tatsachen führen. *Machatschek* stellt diesen Karten andere gegenüber, die die entwickelungsgeschichtlichen Momente zur Anschauung bringen, und die man darum als morphogenetische bezeichnen könnte. Bei den Beispielen, die er anführt, kommt es in der Hauptsache auf die Unterscheidung von Altersstufen und die Ausscheidung von Fastebenen verschiedenen Alters hinaus; es sind also kartographische Darstellungen subjektiver genetischer Vorstellungen, in diesen Fällen auf Grund der *Davis*schen Theorie. Aber Karten gleichen methodologischen Charakters können natürlich auch aus anderen theoretischen Vorstellungen heraus entworfen werden, wie z. B. *Passarge* gewisse Böden als periglazial einträgt. Man wird solche Karten nicht grundsätzlich verwerfen dürfen, denn die Kartenzeichnung zwingt immer zu größerer Vollständigkeit der Beobachtung und liefert die Grundlage für ein sorgfältiges vergleichendes Verfahren, also für die induktive Forschung. Man tut gut, solche Karten für sich zu zeichnen; aber bei ihrer Veröffentlichung muß man Zurückhaltung üben. Man kann ja auch dem Leser damit nur seine Idee deutlich machen wollen; aber man darf nicht vergessen, daß die Karte mit ihrer in ihrem Wesen begründeten Bestimmtheit der Darstellung immer als objektiv richtig erscheint. Während den Ausführungen der sprachlichen Darstellungen gegenüber die Möglichkeit der Kritik besteht, wird man den Inhalt der Karte leicht auf Treu und Glauben annehmen. Die Grenze des Erlaubten ist schwer zu ziehen; denn genetische Vorstellungen können in Beobachtungstatsachen übergehen. In einer Spezialuntersuchung, die sich nur an den Fachmann wendet, darf man mit

hypothetischen Karten weiter gehen als in Büchern für einen allgemeineren Leserkreis; eine Karte wie die nur der Phantasie entsprungene morphologische Übersichtskarte Deutschlands von *Braun* halte ich für verderblich.

4. Bilder und Ansichten.

Perspektivische Ansichten bekommen wir heute besonders durch die Photographie. Natürlich kann im allgemeinen nur der Fachmann das Objekt und den Standpunkt der photographischen Aufnahmen so auswählen, daß diese wissenschaftlichen Wert hat. Aber alle Photographien leiden, weil sie unmittelbare Abbilder der Wirklichkeit sind, unter einer Überfülle von unwesentlichen Einzelheiten, und das, was sie zeigen sollen, also in unserem Falle die Oberflächenformen, wird oft durch fremdartige Dinge, wie Pflanzendecke oder Ansiedelungen, überwuchert. Darum behält daneben die Zeichnung ihren Wert; sie ist eine Zeit lang wohl zu sehr vernachlässigt worden. Wissenschaftlich-morphologische Zeichnungen von großer Vollkommenheit aus den Kordilleren des amerikanischen Westens, wo den Aufnahmen berufsmäßige Zeichner beigegeben waren und wo auch die Natur die anatomische Bergzeichnung begünstigt, enthalten die Veröffentlichungen der Geological Survey. Wegen der äußeren Schwierigkeiten noch bewundernswerter sind *Alphons Stübels* Zeichnungen der Vulkane von Ecuador und Columbien.

Der Begleiter *Haydens*, *Holmes*, dem wir besonders schöne Ansichten verdanken, ist wohl auch der Erfinder der Blockdiagramme, d. h. der Zeichnung quadratischer oder doch rechteckiger Ausschnitte aus der Landschaft, bei der vorn und an einer Seite die geologische Struktur als Profil eingezeichnet wird.[1]) Diese Blockdiagramme sind später von *Davis* übernommen und durch ihn populär geworden. Neu ist bei ihm, daß er neben den Blockdiagrammen, die wirkliche Gegenden darstellen, nur wegen des kleinen Maßstabes generalisiert, auch und zwar in viel größerer Zahl schematische Blockdiagramme von Landschaften zeichnet, wie er sie sich auf Grund seiner theoretischen Ansichten entstanden denkt. Von ihnen gilt ungefähr dasselbe wie von den auf Grund genetischer Vorstellungen gezeichneten morphologischen Karten. Sie bestechen durch die Meisterschaft der Zeichnung und haben vielleicht mehr

1) Vergl. z. B. IX. *Annual Report of U. St. Geological and Geographical Survey of the Territories (Colorado etc.)* for 1875 plate 36 und 42.

als etwas anderes dazu beigetragen, der *Davis*schen Lehre in weiten Kreisen Eingang zu verschaffen. *Davis* meint, der Anfänger könne die Morphologie nur aus solchen schematischen Zeichnungen verstehen lernen; wenn man ihm topographische Karten in die Hand gebe, so sei es dasselbe, wie wenn man das Kind an den Geschäftsbüchern einer großen Firma rechnen lernen lasse; der Vergleich der Schemata mit der Wirklichkeit sowohl auf Karten und Bildern wie in der Natur selbst dürfe erst danach folgen. Darum hat er für den Unterricht in der Morphologie einen besonderen Atlas herausgegeben, der in deutscher Ausgabe von *Östreich* bearbeitet worden ist. Bis zu einem gewissen Grade ist das richtig: die größere Einfachheit erleichtert das Verständnis. Darum hat man sich im Unterricht ja schon immer, wenn auch nicht in so ausgedehnter und vollkommener Weise, vereinfachter Zeichnungen bedient. Aber das intensive Studium der Zeichnungen, der das unmittelbare Studium der Natur erst später folgen soll, führt leicht an diesèr vorbei. Namentlich dann, wenn die Zeichnung nicht nur eine Vereinfachung, eine Abstraktion von der Wirklichkeit ist, sondern wenn in sie genetische Gedanken hineingelegt werden. *Davis'* Zeichnungen sind nicht der Wirklichkeit, sondern seiner Gedankenwelt entnommen; sie geben das Bild der Oberfläche, wie er sie sich entstanden denkt. Von ihnen gilt darum dasselbe wie von seiner Darstellungsmethode: sie stehen und fallen mit der Richtigkeit seiner deduktiv gewonnenen theoretischen Vorstellungen. Der Anhänger der orthodoxen Lehre nimmt sie gläubig hin, wir andern stehen ihnen skeptisch gegenüber und halten sie für pädagogisch bedenklich. Blockdiagramme wirklicher Landschaften, die, wenn auch vereinfacht, doch im Streben nach möglichster Naturtreue gezeichnet sind, sind ein vorzügliches Darstellungsmittel; schematische Blockdiagramme dagegen sind nur empfehlenswert, soweit sie auf sicherer Naturauffassung und nicht auf ungewissen theoretischen Vorstellungen beruhen. Die Bestimmtheit der Zeichnung, die sich den Sinnen viel mehr einprägt und viel fester im Gedächtnis haftet als das gesprochene Wort, macht sie, wenn sie falsch sind, besonders gefährlich. Auch in den Abbildungen darf sich die Deduktion nicht an die Stelle der Induktion setzen wollen.

Sachregister.

Abdachungstäler 41
Abfluß zum Meere, Gebiete mit und ohne 170
Ablagerungen am Fuße des Gebirges 108f.
Abrasion 89ff.
Abtragung, Zunahme mit der Höhe 88
Aktualismus 183
Alpine Formen 115
Alter, geologisches 60
—, morphologisches 49. 61ff. 115f. 139ff. 189. 210ff.
Alter der Küsten 180
— der Landschaft 49. 115f.
— der Täler 65ff.
Analyse der Formen 17ff.
Analytische Darstellung 218
Angriffsküsten 180
Ansichten, perspektivische 245
Arides Klima 164
Aufschüttung, glaziale 131
Ausspülung 18

Bau, innerer 137. 197
Bauplan und Baustil der Gebirge 110ff.
Beobachtung 206
Berg 230
Beschreibung 5. 13f. 220
—, erklärende 9f.
Bilder 245
Bildungsvorgänge 18
Blockdiagramme 245
Bodenbeschaffenheit 15
Bodenbewegungen 18
Bodengestaltung der verschiedenen Klimagebiete 176
Bodenkarten 242
Bodenkunde 3
Bodenschub 18
Bodenversetzungen 18
Buchtküsten 180

Cañons 75f. 230

Darstellung, Methode der 216ff.
Davissche Theorie und Methode 8ff. 13. 61ff. 90. 105ff. 138ff. 147ff. 181. 189. 208ff. 212. 220ff.
Deduktion 8. 47. 72. 203f. 206ff.
Dellen 18. 84ff.
Deltas 179
Denudationsterrassen 51f.
Denudationsniveau, unteres 90
Dichte des Talnetzes 49f.
Dislokationen 152
Dislokationstäler 41
Dogmengeschichte 217
Durchbruchs- oder Durchgangstäler 28. 43f.

Ebenheiten 83
Einebnungen, örtliche 97ff.
— der Karstgebiete 101f.
Einebnung während der Hebung 96. 109f.
Eingriffsküsten 180
Einsattelungen 113
Eintagsflüsse 175
Eiszeit und ihre Gebilde 156f. 168
Entwickelung der Landoberfläche 142ff. 183
Entwickelungsstufen u. Entwickelungsreihen 60. 143
Epirogenetische Bewegungen 138. 146
Erklärung 5f. 14. 220
Erosion, Wesen und Eigenschaften der 31ff. 225
—, mittelbare und unmittelbare 34. 45
— nach der Tiefe und nach der Seite 34f.
—, rückwärts einschneidende 45
Erosionsbasis 37
Erosionsnatur der Täler 28f.
Erosionsterminante 36
Erosionsterrassen 53ff.
Esplanade im Coloradocañon 83
Experiment 16

Fastebene 58. 81. 91ff. 149. 230
Fastebenen, Merkmale der Rekonstruktion 105ff.
Felsküsten, glatte 180
Felsplatten 98
— von bestimmtem klimatischem Niveau 98f.
— im Meeresspiegel 99f.
— der Zentralgebiete 101
Felsterrassen 51
„Fernling" 114
Festland 226
Firnklima 164
Fjord 178f. 229
Flußarbeit 171
Flußebenen 126f.
Flußlose Landschaften 174
Flußwindungen 38
Fluviatile Landschaften 168
Formelemente 193

Formenlehre 1 ff.
Formenschatz 115. 191 ff.
Forschung, Methode der 203

Gebirge, Umgestaltung der 111 f.
Gebirgsränder, Methode der 108
Gefällsbruch 100 f.
Gehängeknicke 149
Generalisierung d. Karte 237
Genetische Typen 192
Geographie 1 f.
Geographische Verteilung 200
Geologie 2 f.
Geologische Erzählung 221
— Formationen 136
— Karten 136. 239
— Profile 240
Geometrische Auffassung 72 f.
Geophysiologische Karten 241
Geschichte der Morphologie 10. 182 ff.
Gestein 19 ff. 133 ff.
Gipfel 113
Gipfelflur 106
Glaziale Bodengestaltung 123
— Umlagerung 166 ff.
Gleichgewichtsprofil 36. 66. 170
Gletscher und Gletschererosion 124. 165 ff.
Gliederung, Abhängigkeit von Talnetz und Widerständigkeit des Gesteins 114
—, Intensität der 113
Gliederungsformen 193
Greisenhaftigkeit 66 f.
Großformen 193

Hängetäler 80
Härtling 113
Hebungen 56. 138. 145. 150
Heterogene Landschaften 144
Hochebenen 130
Hochflächen, zerschnittene 58 f.
Hochgebirgsformen 115. 232
Hochländer 130 ff.
Hog Backs 86
Höhenklima 21
Hohlformen 193
Homogene Landschaften 144
Horst 230
Humides Klima 164
Hydrodynamik 32

Induktion und induktive Untersuchung 8. 47 f. 203 ff.
Ineinanderschaltung verschiedener Formen 25
Inselberge und Inselberglandschaften 22 f. 98. 232.
Interpolation der Kartenzeichnung 237
Interpretation 203
Inversion der Formen 107
Isostasie 150

Kalkgebiete 122
Kappung der Schichtentafeln 88
Kare 123
Karstlandschaften 122. 170
Karte 4 f. 236
—, geologische 136. 239
—, morphologische 71
Kartenstudium 205
Katastrophen 183
Kerbtäler 78 f.
Kettengebirge 117
Klammen 74 f.
Klassifikation 16. 191. 200. 222
— der Formen der Landoberfläche 195 ff.
—, geographischer Charakter 200
Kleinformen 11 ff. 26. 193
—, Abhängigkeit vom Klima der Vergangenheit 23 f.
Klima, Abhängigkeit der Kleinformen vom 21 ff.
— der Miozänzeit 159
— der Tropen in der Quartärzeit 158
Klimatische Entwickelung 145. 153 ff.
Kontinent 226
Kontinentale Plattformen 99 f.
Kriechen 18
Küsten 176
—, säkulare Hebungen und Senkungen der 179
Küstentypen 178

Landoberfläche 91. 110 f.
—, tektonische 110 f.
—, Abhängigkeit vom inneren Bau 132 ff.
Landschaft, Gesamtform der 194 ff.
Landterrassen 58. 82 ff. 97 f.
—, Alter der 87 f.
Längsflüsse am Fuße der Landstufen 87
Laterit 159
Lebensalter 61 ff. 209
Löß und Lößlandschaften 155. 172

Mäander 38. 108
Mechanik der Vorgänge 16
Meeresböden 126
—, gehobene 131
Methode 183
— der Darstellung 216 ff.
— der Forschung 203 ff.
Mittelgebirgsformen 232
Mittelwerte 235
Monadnocks 113
Moränen 167
Morphologie 1 ff.
Morphologische Karten 244 ff.
— Klassifikation 198 f.
— Wechselbeziehung d. Landschaften 162 ff.

Neptunistische Theorie 183
Nivales Klima 164

Oberflächengestaltung in verschiedenen Klimaten 122ff.
Oberflächliche Umbildung 198
Objektivität der kartographischen Darstellung 236
Orometrie 235
Ortsfremde Formen 163
OrtsständigeFormen 163

Paläogeographie 3
Paralometrie 177
Paß 226
Peneplain s. Fastebene
Perioden der Aufschüttung 57f.
— der Erosion 54. 146
Peripherische Flußebenen 127
Photographien 13. 245
Physiognomie der Gebirge 115
Plateaus 121. 131
Plutonistische Theorie 183
Pluvialklima 157
Poljen 122
Profile 4f. 238

Quertäler 108

Rangordnung der Formen 193
Reiseberichte 218
Reliefs 209. 238
Rias 178
Rumpfebenen 91
Rumpfebene, germanische 104
Rumpfflächen 42f. 58. 89ff.
—, fossile 93, 102f.
—, junge 103ff.
Rumpfgebirge 121
Rumpfplatten 129

Sandsteingebiete 122
Schnittflächen 81f.
Schollengebirge 119
Schotterterrassen 51. 56ff.
Schwemmlandküsten 180
Selbständige Oberflächenformen 193
Senkungen 138. 151
Sohlentäler 79f.
Spalten 27f.
Spaltentheorie der Täler 27ff.
Spiel der Kräfte 17
Sprachliche Darstellung 5
Steppenklima 155
Stockwerke der Landschaft 149
Strandplatten 93f. 100
Strandverschiebungen 179
Stromtiefländer 126f.
Struktur 137. 210
Stufenlandschaften 82ff. 120f.
Synthetische Darstellung 219
Systeme der Umlagerung 175

Tafelgebirge 119
Tafelländer 131
Tal und Täler, Alter der 59ff.
—, Begriff 29f. 230
—, Entstehung 26ff.
—, Form 74ff.
—, Gefäll oder Längsprofil 65f.
—, Querprofil 67
—, Richtung u. Anordnung 40ff. 231
—, Verhältnis zum inneren Bau 69f.
—, antezedente 44
—, cañonartige 77
—, diskordante 42
—, epigenetische 42
—, greisenhafte 65
—, konkordante 41
—, konsequente 41
—, nachträgliche 44ff.
—, rechtsinnige 41
—, reife 66
Tal und Täler, subsequente 44
—, überlebende 44
—, unechte 30. 79ff.
—, widersinnige 42
Talböden und Talsohlen 67
—, alte, 51. 54f.
—, aufgeschüttete 79
Talhänge 67f.
Talmäander 39
Talnetze 48f. 69. 112
Talsysteme 48
Talterrassen 50f. 79. 148
Taltypen 73f.
Tektonik 6f. 196
Tektonische Entwickelung 145ff.
— Karten 240
— Klassifikation 196
— Oberfläche 138
Terminologie 16. 224
Terrassenlandschaften 120f.
Textur 49. 209
Theorie 183
Theorien über die Entstehung der Landoberfläche 182ff.
Tiefebenen äolischer Aufschüttung 128
Tiefländer 126ff.
— aus anstehendem Gestein 129
— glazialer Aufschüttung 128
Transportkraft der Flüsse 35f.
Trockenklima 164
Trogtäler 80
Typen 73. 192

U-täler 80
Übertiefung 167
Umkehr der Formen 107
Umlagerung an der Erdoberfläche 162ff.
Umwandlungsreihen 61
Untersuchung, Methoden der 14ff.

V-täler 78
Verbiegungen 138. 145. 151

Vergleichende Methode 71. 204ff.
Verwitterung 18
Verwitterungsterrassen 51f.
Vollformen 193
Vorgang 210
Vorgänge an Küsten 178
Vulkanberge 116f.
Vulkanische Ausbrüche 152
Vulkanskelette 117
Vulkanstiele 117
Wadis 79f. 174
Wagrechte Gliederung 177
Wasserführung 169
Widersinnige Flüsse in Stufenlandschaften 87f.
Widersinnigkeit der Täler, scheinbare und wirkliche 42ff.
Wind und Windwirkung 19. 175
Wüsten 124. 174
Wüstenklima 21f.
Wüstentäler 124
Zeitbestimmung, morphologische 59 (vergl. Alter)
Zentrale Flüsse und Zentralgebiete 170—172
— Tiefebenen 128
Zeugenberge 231
Zyklus und Zyklentheorie 54. 61. 143. 147. 189. 211

BINDING SECT. JUN 27 1966

GB
401
H4

Hettner, Alfred
Die oberflächenformen des festlandes

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

UTL AT DOWNSVIEW
D RANGE BAY SHLF POS ITEM C
39 13 05 08 02 004 7